

Журнал основан в 1918 г.

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

Научный журнал

*Серия “Биология, химия”*

**Том 25 (64). № 2**

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

**Редакционный совет журнала**

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

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

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

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

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

**Раздел «Биология»:**

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

**Раздел «Химия»:**

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

**Печатается по решению Ученого Совета Таврического национального университета  
им. В.И. Вернадского, протокол № 5 от 23.05.2012 г.**

Подписано в печать 25.05.2012 формат 70x100/16  
19,99 усл. п. л. 14,95 уч.-изд. л. Тираж 500. Заказ № 17/а.  
Отпечатано в информационно-издательском отделе ТНУ,  
пр. Вернадского 4, г. Симферополь, 95007

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

Науковий журнал. Том 25 (64), №2, Біологія, хімія.  
Сімферополь, Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського, 2012  
Журнал заснований у 1918 р.  
Адреса редакції: пр. Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007  
Надруковано у інформаційно-видавничьому відділі Таврійського національного університету  
ім. В.І. Вернадського, пр. Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007  
[http://science.crimea.edu/zapiski/zapis\\_god.html](http://science.crimea.edu/zapiski/zapis_god.html)

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского

Серия «Биология, химия». Том 25 (64). 2012. № 2. С. 3-10.

УДК 612.822.3.08

## ЛОНГИТЮДНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У ШКОЛЬНИКОВ 10-12 ЛЕТ

*Алиева Т.А., Алядинова Э.И., Павленко В.Б.*

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

Изучали онтогенетические изменения вызванных ЭЭГ-потенциалов (ВП), зарегистрированных с помощью модификации двустимульной go/no-go-парадигмы в ходе лонгитюдного эксперимента у 21 ребенка 10-12 лет. Получены данные, подтверждающие, что с возрастом амплитудные и временные характеристики вызванных потенциалов претерпевают закономерные изменения. Были отмечены изменения значений амплитуды компонентов P1, N1, P2, P3 и комплекса волн N1-P2, значений латентного периода компонентов N1, P2 и позднелатентного компонента P3, а также среднего времени реакции. Также обнаружена стабильность индивидуальных особенностей амплитуды некоторых компонентов ВП, в частности N1, P3 и комплекса волн N1-P2.

**Ключевые слова:** вызванные потенциалы, онтогенетические изменения, дети.

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема особенностей работы головного мозга на различных этапах онтогенеза является весьма важной не только для нейрофизиологии, но и для других областей науки, поскольку она является основополагающей при изучении становления высших психических функций и их эффективного развития. Наиболее распространенным на сегодняшний день методом исследования функциональной активности головного мозга наряду с электроэнцефалограммой является метод вызванных ЭЭГ-потенциалов (ВП). В литературе к настоящему моменту накоплено значительное количество сведений, касающихся этого вопроса, однако единого мнения относительно возрастной динамики показателей компонентов ВП у детей не существует [1]. Помимо этого, описанные изменения характеристик различных компонентов ВП выражены неявно, и обнаруживают лишь единичные корреляции с возрастом, размерами головы, и созреванием ассоциативных зон коры головного мозга. Возможной причиной этого является регистрация ЭЭГ-потенциалов в условиях предъявления относительно простых стимулов.

Кроме того, несмотря на существование определенных закономерностей в формировании электрических ответов мозга, ВП детей отличаются большой меж- и

интрасубъектной вариабельностью. Усредненные результаты, полученные при изучении разнородной по своему составу выборки, могут сильно отличаться от закономерностей развития мозга каждого отдельно взятого испытуемого, поскольку ВП являются одновременно функцией не только от возраста испытуемого, но и от когнитивных процессов, которые необходимы для решения возникшей задачи [2]. При этом изучение онтогенетического развития характеристик связанных с событиями потенциалов в ходе лонгитюдного эксперимента позволило бы решить данную проблему.

Исходя из вышеизложенного, целью данного исследования было выявление индивидуальных особенностей возрастной динамики вызванных потенциалов, зарегистрированных в ситуации, требующей вовлечения значительного количества когнитивных ресурсов мозга у одних и тех же детей 10-12 лет в ходе лонгитюдного исследования.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В проведенном исследовании принял участие 21 практически здоровый ребенок в возрасте 10–12 лет (10 девочек и 11 мальчиков), учащихся средней общеобразовательной школы г. Симферополя. Исследование представляло собой серию из трех последовательных диагностических посещений, проводимых каждый учебный год (в пятом, шестом и седьмом классах). При каждом посещении у детей снимали одни и те же показатели.

Для выяснения возрастной динамики параметров связанных с событиями потенциалов была использована модификация двустимульной go/по-go-парадигмы, в которой стимулы предъявляются парами: предупреждающий стимул и стимул, иницирующий или запрещающий двигательный ответ. Во время опыта испытуемые располагались в удобном кресле в затемненной комнате. Участникам исследования предъявлялись 30 пар акустических стимулов разной тональности (высокая–высокая, высокая–низкая, низкая–низкая, низкая–высокая) с интервалами по 2 с внутри пары и по 4 с между парами. Длительности низко- и высокочастотного сигналов (400 и 1000 Гц соответственно) составляют 200 мс. Пары тональных стимулов предъявлялись в случайном порядке с одинаковой (приближающейся к 50 %) вероятностью появления как низкого, так и высокого тона. Испытуемый готовился к ответу после предупреждающего стимула и нажимал кнопку после «иницирующего» стимула (go-проба) или воздерживался от нажатия после запрещающего стимула (no-go-проба). Задача испытуемых заключалась в том, чтобы нажать на кнопку правой рукой со временем реакции не более 380 мс в ответ на предъявление пары высоко- или низкочастотных стимулов и не реагировать на пары сигналов, имеющих разную тональность.

Отведение и анализ вызванных потенциалов осуществлялось с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа, интерфейса и компьютера. ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно, в точках F3, F4, C3, C4, T3, T4, P3, P4, O1 и O2, согласно международной системе «10–20». Референтным

электродом служили объединенные контакты над сосцевидными отростками черепа.

Компоненты P1, N1, P2, N1–P2 (вертекс-потенциал) и N2, рассматриваемые как средне- и длинноталентные компоненты акустических ВП, регистрировали в случае предъявления всех предупредительных (первых в паре) сигналов, а потенциал P300 – при предъявлении всех зрительных сигналов обратной связи. В ходе анализа всех указанных компонентов комплекса ВП усреднялись все реализации, не содержащие артефактов. В процесс усреднения включались и те реализации, при которых задание было выполнено испытуемым неправильно (пропуск значимых пар стимулов, ложное нажатие при предъявлении незначимых пар стимулов либо превышение граничного значения времени реакции). Максимумы анализируемых компонентов ВП соответствовали следующим временным интервалам: P1 – 50-100, N1 – 100-150, P2 – 150-250, N2 – 200-300, P3 – 250-500 мс после предъявления сигналов

Данные электрофизиологического исследования количественно обрабатывались посредством стандартных методов вариационной статистики. Соответствие полученных результатов закону нормального распределения устанавливалось с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Для определения достоверности различий характеристик вызванных ЭЭГ-потенциалов между посещениями исследований применяли Т-критерий Стьюдента (для показателей, характеризующихся нормальным распределением) и критерий Вилкоксона (в случаях, когда распределение показателей отличалось от нормального) для попарно связанных вариантов. Корреляционный анализ осуществлялся с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, характеристики различных компонентов ВП у одних и тех же испытуемых закономерно изменялись при каждой последующей регистрации. Изменения амплитудно-временных характеристик ВП имели определенные топографические особенности. Кроме того, необходимо отметить, что онтогенетические изменения затрагивали не все характеристики ВП и зависели от номера посещения. Наибольшее число достоверных различий, как и следовало ожидать, было отмечено при сравнении результатов первого и третьего посещения. Данные различия касались преимущественно ранне- и среднеталентных компонентов ВП. Так, в частности, обнаружили тенденцию к уменьшению амплитуды компонентов P1 и P2. Статистически значимые ( $p < 0,05$ ) изменения величины амплитуды компонента P1 были установлены для ВП, зарегистрированных от центральной и теменной области левого полушария, компонента P2 – для ВП, зарегистрированных в центральном, височном и затылочном отведениях левого полушария (рис. 1). Кроме того, амплитуда потенциала P1 при сравнении результатов второго и третьего посещения достоверно снижалась в центральных, а также и левых лобном и теменном отведениях.

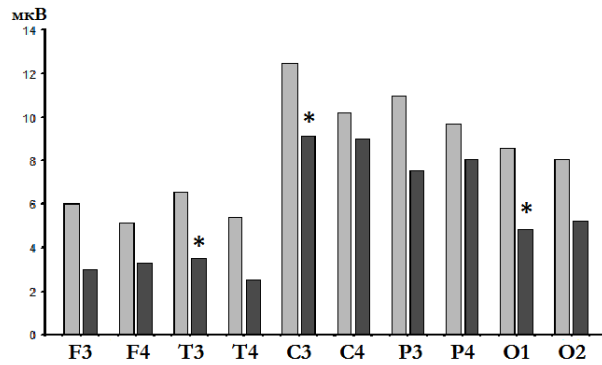


Рис.1. Диаграммы средних значений амплитуды компонента P2, зарегистрированных во время первого (светлые столбики) и третьего (темные столбики) посещения.

*Примечание:* Звездочками отмечены случаи значимых отличий значений амплитуды компонента P2. F3, F4, C3, C4, T3, T4, P3, P4, O1 и O2 – локусы отведения ЭЭГ-потенциалов согласно системе 10-20. По вертикали – величина амплитуды вызванных потенциалов (мкВ).

Амплитуды компонента N1, зарегистрированные в ходе третьего экспериментального сеанса, были больше соответствующих значений, зарегистрированных в ходе первого сеанса, достигая статистически достоверного уровня различий в правом лобном отведении (рис. 2). Также с возрастом происходит уменьшение амплитуды комплекса волн N1–P2 (вертекс-потенциал). Наиболее яркие изменения амплитуды вертекс-потенциала ко второму посещению произошли в височных и правой теменной области, причем в левом височном отведении достоверные различия были отмечены также при сравнении первого и третьего посещения.

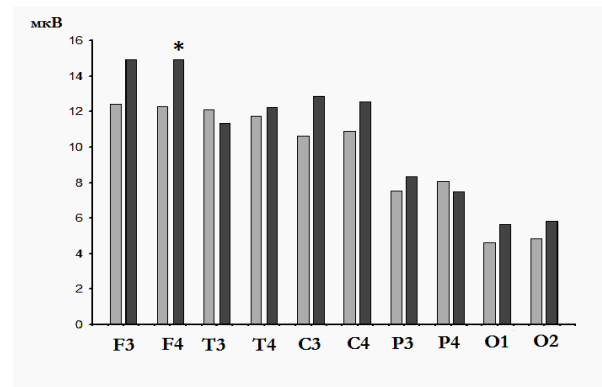


Рис.2. Диаграммы средних значений амплитуды компонента N1, зарегистрированных во время первого (светлые столбики) и третьего (темные столбики) посещения.

Условные обозначения те же, что и на рис.1.

Полагают [3], что компонент N1 связан с такой характеристикой стимула, как его интенсивность – четкая генерация данной волны указывает на то, что интенсивность стимула достаточна для его различения. Полученные нами данные позволяют предположить, что у детей 10–12 лет улучшаются процессы, связанные с ранним анализом получаемого стимула, поскольку лобные доли традиционно связываются с высшими когнитивными функциями головного мозга [4].

В то же время, снижение амплитуды ранних положительных компонентов P1 и P2, а также вертекс-потенциала указывает на качественно иные процессы, происходящие при созревании головного мозга. Согласно литературным источникам потенциал P1 отражает привлечение внимания по отношению к предупредительному сигналу [5], а потенциал P2 и комплекс N1–P2 – эффективность работы мозга по его переработке [6, 7]. У взрослых испытуемых амплитуда данного компонента положительно коррелирует с уровнем внимания [8], однако существуют данные согласно которым с возрастом у детей происходит уменьшение амплитуды компонентов P2 и N2 [9, 10].

Анализ амплитудных характеристик эндогенного потенциала P3, регистрируемого при привлечении внимания к целевым стимулам на фоне стандартных раздражений [11], показал, что амплитуда этого потенциала с возрастом увеличивалась, достигая наибольших значений к моменту третьей регистрации. Достоверные различия между результатами, полученными в ходе первого и третьего посещений, были отмечены в левых затылочном и теменном отведениях (рис.3). В ходе исследования также отмечалось изменение временных характеристик волны P3. Латентный период этого компонента увеличивался, при этом достоверный уровень различий отмечался в затылочных и височных областях при сравнении результатов первого и третьего экспериментальных сеансов, в левом центральном отведении – при сравнении результатов первого и второго сеансов, и в центральных и затылочных областях – при сравнении результатов второго и третьего сеансов.

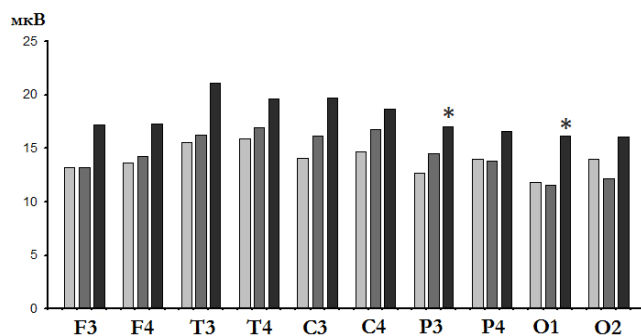


Рис.3. Диаграммы средних значений амплитуды компонента P3, зарегистрированных во время первого (светлые столбики), второго (темные столбики) и третьего (черные столбики) посещения.

Условные обозначения те же, что и на рис.1.

Считается, что компонент P3 отражает включение в деятельность, переработку информации и построение нейрокognитивных моделей [12]. Характеристики данной волны зависят не только от возраста и изменений у детей когнитивных функций, но и от степени неопределенности, разрешаемой при предъявлении задания [13–15]. Увеличение амплитуды волны P3 в третьем сеансе эксперимента по сравнению с первым сеансом отражает более тщательную обработку результатов выполненного действия. Большой рост значений этого показателя в левых отведениях связан с преобладающей ролью левого полушария в процессах, связанных с аналитической деятельностью. Необходимо отметить, что изменение характеристик компонента P3 происходит на фоне достоверного увеличения среднего времени реакции ( $p < 0,001$ ) и тенденции к уменьшению количества пропусков значимых стимулов, что является подтверждением возрастающей эффективности когнитивных процессов у детей 10-12 лет.

Кроме того, для описания стабильности индивидуальных особенностей ВП в течение времени, мы рассчитали коэффициенты корреляции между амплитудами компонентов ВП, зарегистрированных во время первого, второго и третьего посещений. Между значениями амплитуд вертекс-потенциала, зарегистрированных во время первого и третьего посещения, значимые корреляции были обнаружены во всех отведениях, за исключением правого центрального и затылочных обоих полушарий. Значимые коэффициенты корреляции для этого показателя принимали значение от 0,43 до 0,65 при  $0,001 < p < 0,02$ . Также были обнаружены значимые корреляции амплитуд вертекс-потенциала, зарегистрированных в лобных, височных, центральных и теменных областях во время второго и третьего сеанса эксперимента ( $0,48 < r < 0,69$  при  $0,0007 < p < 0,02$ ). Большое количество значимых корреляции было отмечено для амплитуд компонента N1 – в лобных, височных и центральных областях головного мозга в записях ВП при первом и втором посещении ( $0,54 < r < 0,7$  при  $0,0003 < p < 0,01$ ), и правой лобной и центральных областях в записях ВП при первом и третьем посещении ( $0,49 < r < 0,65$  при  $0,001 < p < 0,02$ ). Необходимо отметить обнаруженную в ходе исследования стабильность амплитуды длиннотентного компонента P3 в лобных областях головного мозга. Коэффициенты корреляции значений амплитуды данного потенциала, зарегистрированного во время первого и третьего посещения принимали значение от 0,17 до 0,5 при  $0,02 < p < 0,46$ , во время первого и второго посещения – от -0,04 до 0,5 при  $0,1 < p < 0,85$ , во время второго и третьего – от -0,08 до 0,69 при  $0,001 < p < 0,81$ .

Так как наиболее тесными были взаимосвязи между амплитудами вертекс-потенциала и компонентов N1 и P3, зарегистрированных при первом и третьем посещении, можно считать, что эти ВП в наибольшей степени сохраняли свои характеристики в течение эксперимента. Учитывая описанные выше функциональные значения этих компонентов можно заключить, что у детей 10-12 лет существует определенная стабильность индивидуальных особенностей таких когнитивных процессов, как ранний анализ стимула и анализ принимаемых решений.



## ВЫВОДЫ

1. Амплитудно-временные параметры вызванных потенциалов, зарегистрированных в ходе лонгитюдного эксперимента с использованием go/по-go-парадигмы у детей 10-12 лет, обнаруживают определенные закономерности возрастной динамики, которые отражают как общее физиологическое развитие, так и становление когнитивных функций мозга.
2. Амплитудные характеристики N1 обнаружили тенденцию к росту своих значений, достигая значимых различий в лобных областях больших полушарий, что свидетельствует об улучшении процессов анализа подаваемого стимула во время третьего диагностического посещения по сравнению с первым и вторым посещениями.
3. Становление у детей когнитивных функций отражается в увеличении среднего времени реакции и увеличении амплитуды эндогенного компонента P3, что свидетельствует об усилении процессов обработки информации, необходимой для принятия решения об изменении стратегии.
4. Наиболее стабильными на протяжении лонгитюдного исследования являлись индивидуальные особенности амплитуды компонентов N1 и P3, а также вертекс-потенциала.

## Список литературы

1. Johnson D.E. Medical and developmental sequelae of early childhood institutionalization in Eastern European adoptees / D.E. Johnson // *Minnesota Symposia on Child Psychology*. – 2000. – № 31. – P. 113–162.
2. Age-related changes in child and adolescent event-related potential component morphology, amplitude and latency to standard and target stimuli in an auditory oddball task / S.J. Johnstone, R.J. Barry, J.W. Anderson [et al.] // *Int J Psychophysiol*. – 1996. – V. 24, № 3. – P. 223–238.
3. Taylor M. J. Cognitive evoked potentials in children: normal and abnormal development / M. J. Taylor, L. Pourcelot // *Neurophysiol. Clin.* – 1995. – V. 25, № 3. – P. 130–145.
4. The effects of decreased audibility produced by high-pass noise masking on cortical event-related potentials to speech sounds / B.A. Martin, A. Sigal, D. Kurtzberg, D.R. Stappells // *J. Acoust. Soc. Am.* – 1997. – V. 101, № 3. – P. 1585–1599.
5. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга / Лурия А.Р. – М.: Изд-во Московского университета, 1969 – 503 с.
6. Гнездицкий В. В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике / Гнездицкий В. В. – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 264 с.
7. Polich J. P300 topography of amplitude/latency correlations / J. Polich, J.E. Alexander, L.O. Bauer // *Brain Topogr.* – 1997. – V.9, №4. – P. 275–282.
8. The effects of age on the N200 component of the auditory event-related potentials / H. Enoki, S. Sanada, H. Yoshinaga, E. Oka [et al.] // *Cogn. Brain Res.* – 1993. – V. 1, № 3. – P. 161–167.
9. Наатен Р. Внимание и функции мозга / Наатен Р. – М.: Изд-во Московского университета, 1998. – 560 с.
10. Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects / D.S. Goodin, K.S. Squires, B.H. Henderson [et al.] // *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* – 1978. – V. 44. – P. 447–458.
11. Age-related changes in auditory event-related potentials / A. Pfefferbaum, J. M. Ford, W. T. Roth [et al.] // *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* – 1980. – V. 49. – P. 266–276.
12. Суворов Н. Ф. Психофизиологические механизмы избирательного внимания / Н. Ф. Суворов, О. П. Таиров. – Л.: Наука, 1985. – 287 с.
13. Основы психофизиологии / [Александров Ю. И., Шевченко Д. Г., Александров И. О. и др.]; отв. ред. Ю. И. Александров. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 432 с.

14. Polich J. P300 topography and modality effects from a single-stimulus paradigm / J. Polich, M. R. Heine // Psychophysiology. – 1996. – V. 33, № 6. – P. 747–752.
15. Dempster F. N. Memory span: sources of individual and developmental differences / F. N. Dempster // Psychol. Bull. – 1981. – V. 89. – P. 63–100.
16. Case R. Operational efficiency and the growth of short-term memory span / R. Case, D. M. Kurland, J. Goldberg // J. Exp. Child Psychol. – 1982. – V. 33 – P. 386-404.

**Алієва Т.А. Лонгітюдне дослідження вікової динаміки характеристик викликаних потенціалів у школярів 10-12 років / Т.А. Алієва, Е.І. Алядінова, В.Б. Павленко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 3-10.** Вивчали онтогенетичні зміни викликаних ЕЕГ-потенціалів (ВП), зареєстрованих за допомогою модифікації двостимульної go/no-go-парадигми у протязі лонгітюдного експерименту у 21 дитини 10-12 років. Отримані дані, що підтверджують закономірні вікові зміни, які відбуваються з амплітудними та часовими характеристиками викликаних потенціалів. Були зареєстровані зміни значень амплітуди компонентів P1, N1, P2, P3 і комплексу хвиль N1–P2, значень латентного періоду компонентів N1, P2 та пізньолатентного компоненту P3, а також середнього часу реакції. Також виявлена стабільність індивідуальних особливостей амплітуди деяких компонентів ВП, зокрема N1, P3 і комплексу хвиль N1–P2.

**Ключові слова:** викликані потенціали, онтогенетичні зміни, діти.

**Alieva T.A. Longitudinal study of age-related changes of event-related potentials characteristics in 10-12 years-old schoolchildren's / T.A. Alieva, E.I. Alyadinova, V.B. Pavlenko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 3-10.**

Age-related changes of 21 10-12 years-old schoolchildren's event-related potentials in longitudinal study were studied, assessed using go/no-go paradigm modification. Obtained data are an evidence of the appropriate change of amplitude and temporal parameters of event-related potentials with age. The changes of the average reaction time, P1, N1, P2, P3 components and the wave complex N1-P2 amplitude, N1, P2 and P3 components latency values were observed. In addition, some ERP components, especially N1, P3 and complex N1-P2 waves, amplitude stability was found.

**Keywords:** event-related potentials, age-related changes, children.

*Поступила в редакцію 16.04.2012 г.*

**УДК: 612.8:612.1:546.19:519.2-053.5**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В ОБРАБОТКЕ  
МНОГОМЕРНЫХ ДАННЫХ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ: АНАЛИЗ ТЕКУЩЕЙ ЭЭГ И СОДЕРЖАНИЯ МЫШЬЯКА У  
ШКОЛЬНИКОВ 11-16 ЛЕТ**

*Барабан Ю.А., Евстафьева Е.В., Овсянникова Н.М., Зинченко С.А., Мальцева О.Б.*

*Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет  
имени С.И. Георгиевского, Симферополь, Украина  
E-mail: baraban\_y@mail.ru*

Использование кластерного анализа в обработке многомерных данных эколого-физиологических исследований: анализ текущей ЭЭГ и содержания мышьяка у школьников 11-16 лет Для выделения однородных по содержанию мышьяка, спектральной мощности ЭЭГ и возрасту групп школьников 11-16 лет был проведен кластерный анализ, который показал существование трех достоверно различающихся кластеров, в которых более высокое содержание мышьяка сопровождалось увеличением мощности всех ритмических диапазонов электроэнцефалограммы и в среднем составило  $1,96 \pm 0,23$ ;  $5,56 \pm 0,86$ ;  $10,13 \pm 1,76$  мкВ<sup>2</sup>/Гц, при содержании мышьяка 0,19; 0,56; 2,66; мкг/г, соответственно.

**Ключевые слова:** кластерный анализ, мышьяк, ЭЭГ, школьники.

**ВВЕДЕНИЕ**

Существует целый ряд химических элементов, роль которых в организме продолжает выясняться. К их числу относится мышьяк, который включен в число особо опасных загрязнителей окружающей среды, как в Украине, так и в Европейском сообществе. Ранее мышьяк расценивался как токсичный элемент [1], но в литературе имеются публикации, доказывающие его условную эссенциальность [2, 3]. В связи с двойственной ролью мышьяка представляет особый интерес определение его эффектов в современных условиях среды на системном уровне, поскольку на сегодняшний день, главным образом, изучены клеточные механизмы его влияния, и эти данные носят противоречивый характер. Хроническое воздействие мышьяка в условиях профессионального воздействия широко описано в литературе, но данных о его эффектах при фоновых концентрациях фактически не имеется, за исключением натуральных исследований в странах, где избыток мышьяка в окружающей среде является причиной эндемических заболеваний [4–6]. В Украине воздействие мышьяка на организм школьников практически не изучено, поэтому необходимость его количественного определения в организме и исследование его влияния на функционирование систем, обосновано с точки зрения научно-практического подхода к данной проблеме.

В связи с этим целью настоящей работы явилось выявление внутренних связей между исследуемыми параметрами у школьников 11-16 лет и образование на их основе однородных групп (кластеров).

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для установления возможного влияния содержания мышьяка на состояние биоэлектрической активности мозга городских школьников было выполнено биомониторинговое исследование в рамках Программы «Здоровье нации» (2002-2011 гг.). Для решения поставленных задач обследовали 147 школьников обоего пола 11-16 лет. Первая группа обучалась в общеобразовательной школе г. Симферополя. Вторую группу составили школьники городов юго-восточной Украины с высоким уровнем техногенного загрязнения (Донецк, Запорожье, Днепропетровск, Луганск). Исследование состояния биоэлектрической активности мозга заключалось в регистрации текущей ЭЭГ, которую осуществляли с помощью компьютерного телеметрического электроэнцефалографа («Тредекс», Украина). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от 16-ти локусов Fp1/2, F3/4, F7/8, C3/4, T3/4, T5/6, P3/4, O1/2 согласно международной системе «10–20».

Содержание мышьяка в волосах определяли рентген-флуоресцентным методом в научно-техническом центре ВИРИА (г.Киев).

Кластеризацию данных проводили методом К-средних с помощью программы STATISTICA 6.0.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Для разделения школьников 11-16 лет на группы (классы), отличающихся по содержанию мышьяка, но схожих между собой внутри групп, был проведен кластерный анализ, который в настоящее время широко применяется в медико-биологических исследованиях [7–9]. При кластеризации учитывались следующие параметры: содержание мышьяка в волосах, спектральная мощность (СМ) всех частотных диапазонов ЭЭГ при пробе «глаза закрыты» в центральных отведениях и возраст школьников.

При разделении исследуемой выборки (n=147) на 3 кластера были получены следующие результаты: 1-й кластер составили школьники с содержанием мышьяка, превышающим границу нормы (2,66 мкг/г), и возрастом - младше 12 лет, 2-й - с содержанием мышьяка в волосах больше 0,56 мкг/г и возрастом - старше 15 лет, 3-й - с концентрацией мышьяка 0,19 мкг/г, 13–14 лет (табл. 1). Кластеры были различными в количественном отношении 1-й кластер (n=54), 2-й (n=23), 3-й (n=70). Эти кластеры имели как характерные отличия в содержании мышьяка, так и характерные особенности ЭЭГ-спектра (табл.1). Так, школьники с наиболее низким содержанием мышьяка в возрастной группе 13-14 лет имели наименьшую СМ всех частотных диапазонов ЭЭГ. В то же время школьники младше 13 лет с максимальным содержанием мышьяка имели наиболее высокую СМ всех частотных диапазонов ЭЭГ. При этом СМ частотных диапазонов в разных кластерах отличалась весьма существенно, в особенности, в среднечастотной части спектра. Так, в этой области диапазон колебаний СМ в разных кластерах был выше от 3 до 6

раз, в то время как в низкочастотной части спектра существенно отличался только для тета-ритма, а в бета<sub>1</sub>- и бета<sub>2</sub>-диапазоне изменялся в соответствии с содержанием мышьяка: был максимальным при больших концентрациях мышьяка и минимальным при наименьших его концентрациях. Все параметры кластеров достоверно отличались друг от друга ( $p < 0,01$ ). Поскольку кластерный анализ по методу К-средних основывается на оценке внутрикластерных и межкластерных дисперсий, то величина среднего значения в каждой выделенной группе (кластере) приводится с указанием среднего квадратичного отклонения [8, 10].

**Таблица 1**  
**Результаты кластерного анализа школьников 11-16 лет, г.Симферополя**  
**и промышленных городов Украины(n=147)**

	Кластер 1 (M±SD)	Кластер 2 (M±SD)	Кластер 3 (M±SD)
Возраст	12,08±1,59	15,16±1,44	13,31±1,03**
Содержание мышьяка(мкг/г)	2,66±6,43	0,56±2,03	0,19±0,41**
Дельта С3 (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	5,98±3,02	3,18±1,14	2,54±0,60**
Дельта С4 мкВ <sup>2</sup> /Гц)	5,50±2,73	3,17±1,32	2,53±0,65**
Тета С3 (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	10,22±3,51	5,15±1,64	2,50±1,04**
Тета С4 (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	10,13±3,88	5,19±2,14	2,47±0,93**
Альфа С3 (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	20,00±3,77	10,44±2,86	2,57±1,55**
Альфа С4 (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	20,52±5,66	10,73±2,82	2,50±1,38**
Бета <sub>1</sub> С3 (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	7,61±2,26	4,55±1,34	1,23±0,83**
Бета <sub>1</sub> С4 (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	7,20±2,14	4,42±1,46	1,24±0,84**
Бета <sub>2</sub> С3 (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	7,07±1,05	4,61±1,00	1,06±1,05**
Бета <sub>2</sub> С4 (мкВ <sup>2</sup> /Гц)	7,09±1,37	4,51±1,09	1,01±1,08**

Примечания:

1. Результаты представлены средними значения исследуемых величин и квадратичным отклонением (M±SD).
2. \*\* - достоверные отличия между кластерами при  $p < 0,01$ .

Таким образом, результаты кластерного анализа можно расценивать как свидетельство в пользу существования определенной связи между спектральными характеристиками ЭЭГ и уровнем мышьяка в организме, а также, в определенной степени, и возрастом.

Для более детального определения степени и характера влияния мышьяка на СМ текущей ЭЭГ школьников 11-16 лет необходимо использование других методов математического анализа.

### ВЫВОДЫ

1. С использованием кластерного анализа были выделены три достоверно различающихся кластера по содержанию мышьяка, спектральной мощности ритмов электроэнцефалограммы и возрасту. 1-й кластер составили школьники

младше 12 лет; 2-й – старше 15 лет , 3-й –13–14 лет Спектральная мощность в среднем составила  $1,96 \pm 0,23$ ;  $5,56 \pm 0,86$ ;  $10,13 \pm 1,76$  мкВ<sup>2</sup>/Гц, при содержании мышьяка 0,19; 0,56; 2,66; мкг/г, соответственно.

2. Сравнительный анализ кластеров показал, что более высокое содержание мышьяка сопровождается увеличением мощности всех ритмических диапазонов электроэнцефалограммы.
3. Результаты кластерного анализа дают основание для констатации эффекта влияния мышьяка в выявленных концентрациях на текущую ЭЭГ-активность, для установления характера которой необходимо использование других методов математического анализа.

#### Список литературы

1. Александровский Ю.А. Клиническая фармакология транквилизаторов / Александровский Ю.А. – МД. – 1973. – 334с.
2. Кудрин А.В. Микроэлементы в неврологии / А.В. Кудрин, О.А Громова. —М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 304 с.: ил.
3. Скальный А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А Рудаков. – М.: ОНИКС 21 век. Мир, 2004. – 272 с.
4. Кудрин А.В. Микроэлементы в неврологии / А.В. Кудрин, О.А Громова. —М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 304 с.: ил.
5. Смоляр В.І. Арсен у харчових продуктах і раціонах та його токсичність / В.І. Смоляр, Г.І. Петрашенко // Проблеми харчування. – 2009. – № 3-4(21). – С. 46–52.
6. Arsenic and manganese exposure and children's intellectual function / G.A. Wasserman, X. Liu, F. Parvez [et al.] // Neurotoxicology. – 2011. – Vol. 32, №4. – P.450–457.
7. Arsenic exposure from drinking water and mortality from cardiovascular disease in Bangladesh: prospective cohort study / Y. Chen, J.H. Graziano, F. Parvez [et al.] // British Medical Journal. – 2011. – Vol. 5. – P.342.
8. Минакова Е.С. Интеллектуальная поддержка выбора рационального объема экстрафасциальных операций при раке и узловых образованиях щитовидной железы: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 05.13.01 / Минакова Елена Сергеевна. – Воронеж ,2008. – 25с.
9. Евсеева Г.П. Микроэлементный статус и взаимосвязь его дисбаланса с развитием его дисбаланса у детей: автореф. дис. ... док. мед. наук: 14.00.09 / Евсеева Галина Петровна. – Хабаровск, 2009. – 44 с.
10. Кластерный анализ системного кровообращения у практически здоровых мужчин молодого-среднего возраста / И.А. Баранник, Н.Н. Лавинская, Д.И. Святлов [и др.] // Вестник СПб Государственной медицинской академии И.И. Мечникова – 2007. – № 1. – С 184–186.
11. Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП “STATISTICA”/ Буреева Н.Н. // Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.

**Барабан Ю.О. Використання кластерного аналізу при обробці багатовимірних даних еколого-фізіологічних досліджень: аналіз поточною ЕЕГ і вміст миш'яку у школярів 11-16 років / Ю.О. Барабан, О.В. Євстаф'єва, Н.М. Овсянникова, С.А. Зинченко, О.Б. Мальцева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 11-15.**

Для виділення однорідних за змістом миш'яку, спектральній потужності ЕЕГ і віку груп школярів 11-16 років був проведений кластерний аналіз, який показав існування трьох кластерів, що достовірно розрізняються, в яких вищий вміст миш'яку супроводжувався збільшенням потужності всіх ритмічних діапазонів електроенцефалограми і в середньому склало  $1,96 \pm 0,23$ ;  $5,56 \pm 0,86$ ;  $10,13 \pm 1,76$  мкВ<sup>2</sup>/Гц, при вмісті миш'яку 0,19; 0,56; 2,66; мкг/г, відповідно.

**Ключові слова:** кластерний аналіз, миш'як, ЕЕГ, школярі.

**Baranan Yu.A. Cluster analysis in ecologo-physiological research for processing of multivariate data: analyses of EEG and arsenic content in 11-16 year old pupils / Yu.A. Baranan, E.V. Evstafyeva, N.M. Ovsyannikova, S.A. Zinchenko, O.B. Malceva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 11-15.**

Cluster analyses were used to classify 11-16 year old children into homogeneous groups based on arsenic content, spectral power of EEG and age. Results shows that three groups with statistically significant difference can be formed where higher arsenic content (0,19; 0,56; 2,66;  $\mu\text{g/g}$ ) is accompanied by increased spectral power of all the EEG rhythms ( $1,96\pm 0,23$ ;  $5,56\pm 0,86$ ;  $10,13\pm 1,76$   $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ ).

**Keywords:** cluster analysis, arsenic, EEG, children.

*Поступила в редакцию 13.04.2012 г.*

УДК 537.86:52.7+58.027

**ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИИ КОРНЕЙ КРЕСС-САЛАТА И КУКУРУЗЫ  
ОТНОСИТЕЛЬНО КОМБИНИРОВАННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА  
ИЗМЕНЕНИЕ ИХ ГРАВИТРОПИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ. ЭКСПЕРИМЕНТ И  
НОВАЯ ГИПОТЕЗА, МЕХАНИЗМ АДАПТАЦИИ**

*Богатина Н.И.<sup>1</sup>, Шейкина Н.В.<sup>2</sup>, Кордюм Е.Л.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины,  
Харьков, Украина*

<sup>2</sup>*Национальная фармацевтическая академия, Харьков, Украина*

<sup>3</sup>*Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина*

*E-mail: n\_bogatina@rambler.ru*

Экспериментально показано, что гравитропическая реакция растений зависит от направления корней относительно комбинированного магнитного поля (КМП). При расположении корней перпендикулярно КМП и силе гравитации (КМП  $\perp$  гравитации) наблюдается отрицательная гравитропическая реакция. При расположении корней  $\perp$  КМП и силе гравитации (КМП  $\perp$  силе гравитации) гравитропическая реакция отсутствует. При расположении корней  $\parallel$  КМП и  $\perp$  силе гравитации (КМП  $\perp$  силе гравитации) гравитропическая реакция не изменяется. Эти эффекты и ранее полученные результаты хорошо согласуются с гипотезами Либова и нашей. Пользуясь ими можно утверждать, что основной поток ионов  $\text{Ca}^{2+}$  направлен вдоль корней. Основную роль играет электрическое поле мембраны клетки. Учет его величины позволяет убрать все возражения о невозможности действия КМП, т.к. мала его энергия. КМП является спусковым механизмом, освобождающим энергию клетки. С помощью КМП, можно регулировать скорость кальциевого обмена в клетке. Обсуждается возможный механизм адаптации клеток к КМП. Он связывается с ионами магния.

**Ключевые слова:** комбинированное магнитное поле, циклотронная частота, гравитропическая реакция, электрическое поле мембраны.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ранее было показано, что комбинированное магнитное поле (КМП), направленное параллельно силе тяжести, может существенно изменить гравитропическую реакцию растений [1–5]. Эффекты наблюдаются для определенных частот переменной составляющей комбинированного магнитного поля, формально совпадающих с циклотронными частотами ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , ауксина, абсцизовой кислоты, гиббереллинов. (КМП – это комбинация постоянного и коллинеарного ему переменного магнитного поля). Особенно велик эффект для частоты переменной составляющей, совпадающей с циклотронной частотой ионов  $\text{Ca}^{2+}$ . В этом случае изменяется знак гравитропической реакции как для корней кресс-салата, так и гороха. До настоящего времени нет общей теории, объясняющей все наблюдаемые эффекты. Поэтому очень важно выяснить, зависит ли



наблюдаемый эффект от ориентации корней относительно направления магнитного поля. Именно этому вопросу и посвящена настоящая работа.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Схема используемой установки приведена на рис.1

Пермалловый экран с дном 2 размещали на резине 1, демпфирующей вибрации. Внутри экрана располагались кольца 3 из немагнитного материала, центрирующие обмотки соленоида 4 и 5 относительно центральной оси экрана. Обмотка 5 использовалась для создания постоянного магнитного поля в соленоиде, обмотка 4 - для создания переменного магнитного поля в соленоиде. 6 – подставка из немагнитного материала, на которой была размещена влажная камера 9 с образцами (корнями кресс-салата и кукурузы). В камере 9 на подставке 7 размещали корни 8 (двухсуточные проростки кресс-салата или кукурузы). Корни располагались в горизонтальной плоскости как параллельно вектору магнитного поля, направленного вдоль оси экрана, так и перпендикулярно вектору магнитного поля. В обоих случаях корни были ориентированы перпендикулярно вектору силы тяжести. Температура в камере стабилизировалась с точностью до  $\pm 0.2^\circ \text{C}$ . Внешний вид установки приведен на рис. 2 и 3.

Схема эксперимента

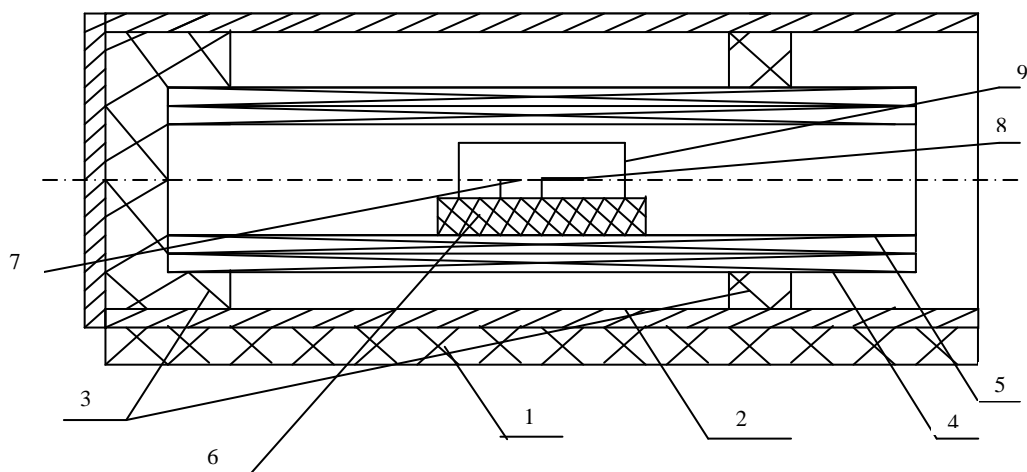


Рис.1. Вид экспериментальной установки в разрезе. 1 – демпфирующая резина; 2 – двухслойный пермалловый экран с дном.; 3 - кольца 3 из немагнитного материала, центрирующие обмотки соленоида 4 и 5 относительно центральной оси экрана; 4 и 5 – обмотки соленоида; 6 - подставка из немагнитного материала; 9 – влажная камера; 7 – подставка из немагнитного материала внутри влажной камеры; 8 – корни кресс-салата или кукурузы.

Для наблюдения биологических эффектов комбинированного магнитного поля необходимо, чтобы однородность постоянной составляющей магнитного поля была не менее 1.5 %. Такая однородность в данной конструкции обеспечивается в цилиндре диаметром 60–70 мм вокруг оси и вдоль оси на расстоянии лишь 8–12 мм.

Таким образом, в случае, когда корни расположены вдоль оси экрана, длина корня не должна превышать 8-12 мм, чтобы объект исследования полностью находился в области магнитного поля необходимой однородности.



Рис.2. Внешний вид установки сбоку.



Рис.3. Внешний вид внутренней части установки.

Необходимая однородность магнитного поля определяется шириной резонансной кривой биологического эффекта, которую наблюдали ранее [2, 3, 6, 7]. Обычно она составляет 1.5 – 2%.

Так как зачастую использовалась длина корня порядка 15 мм, необходимо было добавить обмотки на концах соленоида, которые бы увеличивали область однородности магнитного поля и позволили использовать корни такой длины.

В ходе эксперимента были измерены магнитные шумы пермаллового экрана, расположенного горизонтально, с помощью феррозондового магнитометра и анализатора спектра в области частот от  $10^{-4}$  до 100 Гц, а так же с помощью индукционной катушки и узкополосного усилителя У2-8 в области частот от 16 Гц до 100 кГц. Также был измерен коэффициент ослабления магнитного поля, и на основе полученных результатов был рассчитан шум электрического поля внутри экрана. Полученные результаты приведены на рис. 4, рис. 5 и в таблице 1.

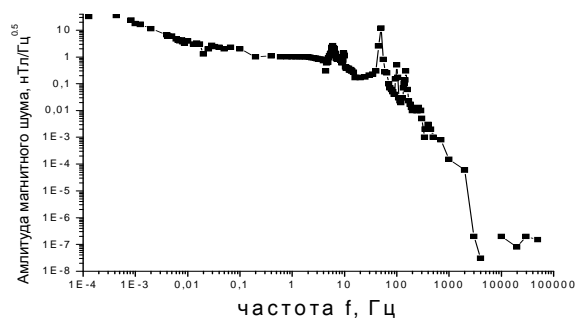


Рис.4. Зависимость амплитуды спектральной плотности магнитного шума от частоты внутри экрана.

Как хорошо видно из рисунков, в области частот 5 – 10 Гц существует 3 пика (около 5 Гц, 8 Гц и 9.5 Гц) и 3 заметных пика (при 50, 100 и 150 Гц).

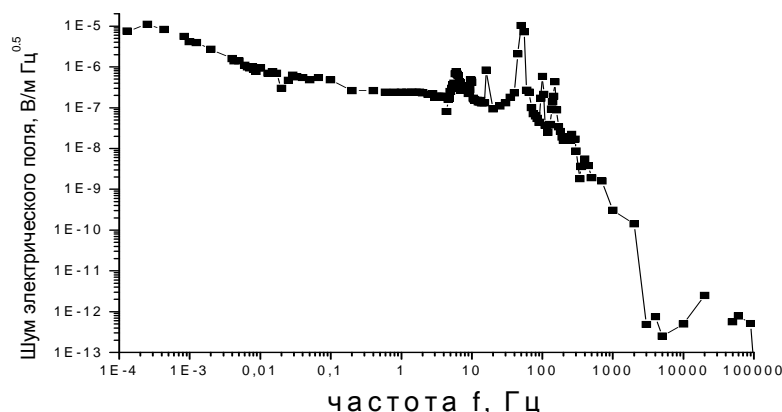


Рис.5. Зависимость амплитуды спектральной плотности шума электрического поля от частоты внутри экрана.

Измерение спектральной плотности магнитного шума в экране проводилось следующим образом. Сначала измеряли величину дрейфа магнитного поля в экране в течение суток с помощью феррозондового магнитометра, соединенного с Фурье спектроанализатором. Это дало кривую в области от  $10^{-4}$  Гц до 100 Гц. Затем с помощью индукционной катушки и узкополосного усилителя У2-8 измеряли магнитный шум вне экрана в области частот 16 Гц – 100 кГц. Полученные значения делили на коэффициент экранирования экрана.

Коэффициент экранирования экрана определяли следующим образом. Весь экран помещали в большой соленоид, в котором создавали большое магнитное поле. Измеряли это поле при отсутствии экрана, а затем при его присутствии внутри экрана. Отношение внешнего магнитного поля к тому, что проникло внутрь экрана, и есть коэффициент экранирования. Его значения приведены в таблице 1. Тут необходимо отметить, что величины магнитного шума, полученная этими двумя разными методами, в области частот 16 Гц – 100 Гц хорошо согласуются между собой.

По известной (измеренной непосредственно) спектральной плотности магнитного шума внутри экрана  $g_{B\parallel}^{0.5}$ , используя известную связь между векторами электрической напряженности  $E_{\perp}$  и напряженности  $H_{\parallel}$  магнитного поля внутри экрана, была вычислена спектральная плотность переменного электрического поля внутри экрана  $g_{E\perp}^{0.5}$ . Между напряженностью магнитного поля  $H_{\parallel}$  и напряженностью электрического поля  $E_{\perp}$  связь определяется формулой

$$E_{\perp} = H_{\parallel} (\omega \mu_0 \mu / 2\sigma)^{0.5},$$

где  $H_{\parallel}$  – продольная компонента переменного магнитного поля в экране,  $E_{\perp}$  – поперечная компонента переменного электрического поля в экране,  $\omega = 2\pi f$  – круговая частота магнитного поля,  $\mu_0$  – магнитная проницаемость вакуума,  $\mu$  – относительная магнитная проницаемость пермаллоя,  $\sigma$  – удельная проводимость пермаллоя.

Таблица 1

Зависимость продольного  $S_{B\parallel}$  и перпендикулярного  $S_{B\perp}$  коэффициентов экранирования пермалловым экраном переменного магнитного поля, коэффициента экранирования экраном переменного электрического поля  $S_E$ , глубины проникновения переменного магнитного поля в пермаллой 79НМ  $\delta$  и волнового сопротивления пермаллоя 79НМ  $Z_{c\text{ перем}}$  от частоты внешнего поля  $f$

$f, \text{Гц}$	$S_{B\parallel}$	$S_{B\perp}$	$S_E$	$\delta \cdot 10^{-4}, \text{м}$	$Z_{c\text{ перем}}, \text{Ом}$
20	11	34	304698	8.6	$9.9 \times 10^{-4}$
30	12	36	303539	7.4	$1.2 \times 10^{-3}$
40	14	38	347010	6.1	$1.4 \times 10^{-3}$
50	16	46	387300	5.5	$1.5 \times 10^{-3}$
60	17	51	409875	5.0	$1.7 \times 10^{-3}$
70	18	56	420745	4.8	$1.8 \times 10^{-3}$
80	18	57	435091	4.5	$2.0 \times 10^{-3}$
90	19	58	459493	4.3	$2.1 \times 10^{-3}$
100	20	58	547052	4.0	$2.1 \times 10^{-3}$
120	23	61	595520	3.8	$2.2 \times 10^{-3}$
130	26	64	611720	3.7	$2.3 \times 10^{-3}$
140	29	67	684135	3.5	$2.4 \times 10^{-3}$
150	32	70	780935	3.3	$2.5 \times 10^{-3}$
170	39	75	794910	3.2	$2.7 \times 10^{-3}$
200	45	80	944055	3.0	$2.8 \times 10^{-3}$
250	60	100	1022541	2.9	$2.9 \times 10^{-3}$
350	107	140	1379510	2.6	$3.2 \times 10^{-3}$
450	168	194	1514295	2.5	$3.4 \times 10^{-3}$
500	240	240	1583110	2.5	$3.4 \times 10^{-3}$
550	327	277	1632281	2.4	$3.4 \times 10^{-3}$
600	375	297	1788928	2.4	$3.4 \times 10^{-3}$
650	422	315	1813920	2.4	$3.4 \times 10^{-3}$
1000	1560	920	1892100	2.3	$3.8 \times 10^{-3}$
2000	2230	3543	2590274	2.1	$4.1 \times 10^{-3}$
4000	2900	6356	5182931	1.9	$4.7 \times 10^{-3}$
9000	3437	8546	8790100	1.8	$4.8 \times 10^{-3}$
10000	3571	9090	$1.3 \times 10^7$	1.9	$4.8 \times 10^{-3}$
20000	5913	4760	$1.3 \times 10^7$	1.5	$5.7 \times 10^{-3}$
30000	1687	2354	$3.3 \times 10^7$	1.3	$6.2 \times 10^{-3}$
40000	1111	1332	$3.7 \times 10^7$	1.2	$6.8 \times 10^{-3}$
50000	555	344	$5.4 \times 10^7$	1.2	$7.2 \times 10^{-3}$
60000	333	300	$1.05 \times 10^8$	1.1	$7.9 \times 10^{-3}$
70000	313	292	$1.06 \times 10^8$	1.1	$8.0 \times 10^{-3}$
80000	203	210	$1.06 \times 10^8$	1.1	$8.0 \times 10^{-3}$
90000	250	200	$1.1 \times 10^8$	1.1	$7.6 \times 10^{-3}$

На рис.5 приведена зависимость расчетного значения амплитуды спектральной плотности переменного электрического поля в рабочем объеме пермаллового

экрана от частоты. Хорошо видно, что эта зависимость имеет максимумы на тех же частотах, что и зависимость амплитуды спектральной плотности переменного магнитного поля (рис. 4). На частоте 50 Гц  $g_E^{0.5}$  максимальна, и ее поперечная компонента достигает значения

$$g_{E\perp}^{0.5} = 2.2 \cdot 10^{-5} \text{ В/м Гц}^{0.5}, \text{ а продольная компонента } g_{E\parallel}^{0.5} = 8.3 \cdot 10^{-6} \text{ В/м Гц}^{0.5}.$$

В качестве образцов использовались двухдневные корешки кресс-салата и кукурузы, предварительно выращенные в бидистиллированной воде. Для того, чтобы они были максимально ровными, их проращивали на фильтровальной бумаге на планшетах. Предварительная ориентация зародышей зерен была направлена вниз, так что корни росли вдоль силы тяжести.

Корни длиной 7–15мм помещали на подложку из немагнитного материала так, что они располагались параллельно земной поверхности, т.е. перпендикулярно силе гравитации. Эксперименты далее проводились в двух вариантах. В первом варианте корни изначально помещали параллельно комбинированному магнитному полю, во втором – перпендикулярно комбинированному магнитному полю. Контрольные образцы располагались точно также относительно магнитного поля, которое однако было постоянным.

Вариант, когда магнитное поле параллельно силе гравитации для корней кресс салата, исследовался нами очень подробно ранее [1–5, 7]. Аналогичные результаты получены нами и для корней кукурузы в настоящей работе.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты для кресс-салата приведены на Рис. 6. здесь показано 3 случая. КМП во всех случаях направлено параллельно земле, как показано на Рис.1. Вектор гравитации во всех случаях направлен перпендикулярно вектору КМП. Корни же направлены либо перпендикулярно КМП (верхний ряд), либо параллельно КМП (центральный ряд), нижний ряд – контрольные образцы, находящиеся в ПМП.

Проведены исследования корней кукурузы в КМП на установке, подробно описанной в работе [3], в этом случае КМП направлено параллельно силе тяжести, а корни направлены параллельно земле, т.е. перпендикулярно КМП и силе тяжести. Полученные результаты представлены на рис.7 и аналогичны полученным ранее результатам для корней кресс-салата [1–5], т.е. получена отрицательная гравитропическая реакция для корней кукурузы.

Результаты для корней кукурузы, расположенных параллельно КМП, аналогичны результатам, полученным для корней кресс-салата (рис. 6), т.е. получена обычная гравитропическая реакция, как в КМП, так и в ПМП. (рис. 8), хотя и немного более слабая.

Если же корни расположены перпендикулярно КМП, то гравитропическая реакция для корней кукурузы практически отсутствует в течение первых 6 часов, хотя при увеличении времени выдержки все же она возникает.

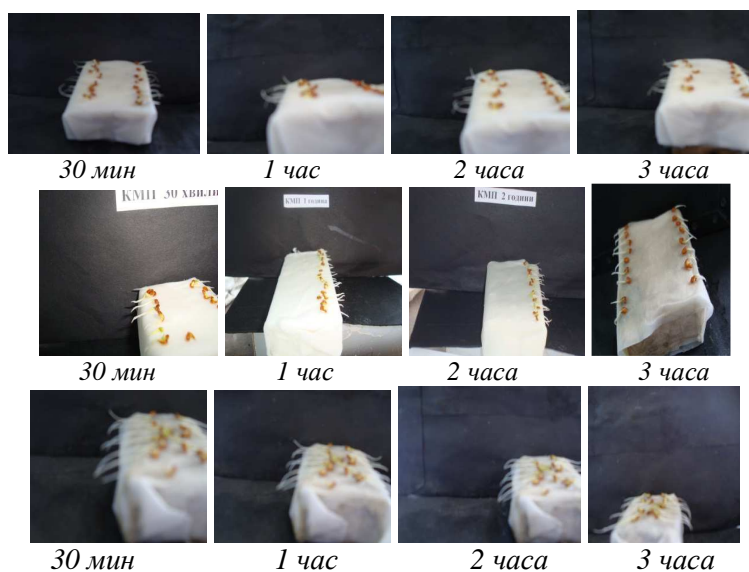


Рис. 6. Гравитропическая реакция корней кресс-салата, расположенных перпендикулярно силе тяжести и направлению КМП (КМП перпендикулярно вектору силы тяжести) – вверх.

Гравитропическая реакция корней кресс-салата, расположенных перпендикулярно силе тяжести и параллельно направлению КМП (КМП перпендикулярно вектору силы тяжести) – в середине.

Гравитропическая реакция корней кресс-салата, расположенных перпендикулярно силе тяжести и направлению ПМП (ПМП перпендикулярно вектору силы тяжести) – вниз.

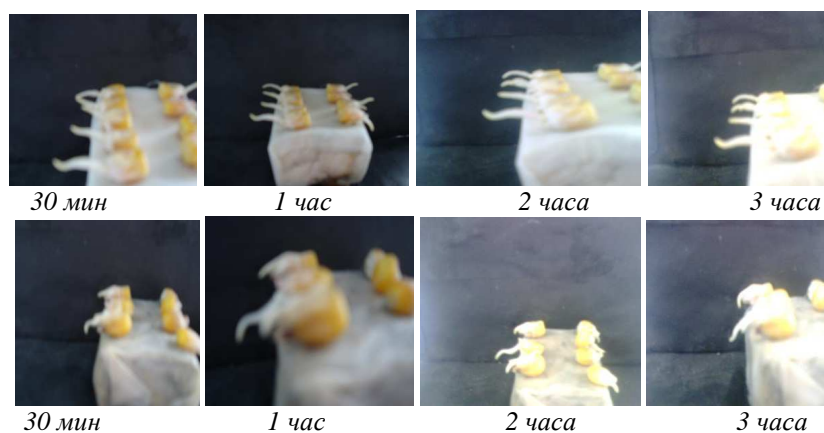


Рис. 7. Гравитропическая реакция корней кукурузы, расположенных перпендикулярно силе тяжести и направлению КМП (КМП параллельно вектору силы тяжести) – вверх. Гравитропическая реакция корней кукурузы, расположенных перпендикулярно силе тяжести и параллельно направлению ПМП (ПМП параллельно вектору силы тяжести) – вниз.

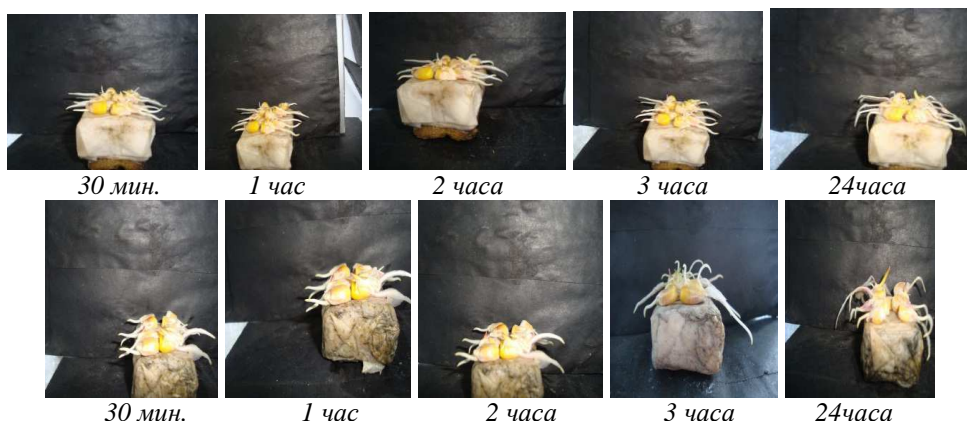


Рис.8. Гравитропическая реакция корней кукурузы, расположенных перпендикулярно силе тяжести и направлению КМП (КМП перпендикулярно вектору силы тяжести) – вверх.

Гравитропическая реакция корней кукурузы, расположенных перпендикулярно силе тяжести и параллельно направлению КМП (КМП перпендикулярно вектору силы тяжести) – вниз.

Сравнение полученных углов отклонения от горизонтали для всех начальных направлений корней кукурузы представлено на рис 9.

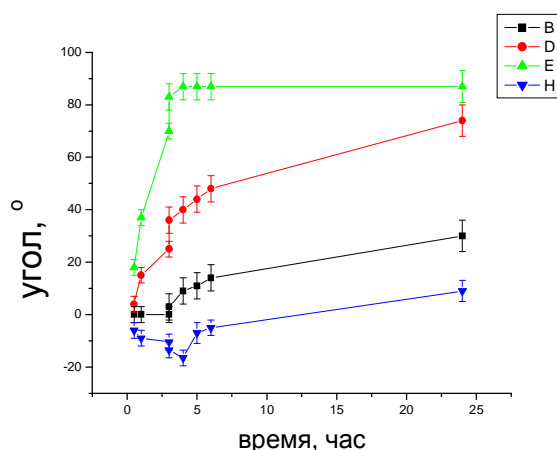


Рис. 9. Зависимость угла отклонения корней кукурузы от горизонтальной плоскости от времени эксперимента: кривая H – корни перпендикулярны КМП, КМП параллельно силе тяжести; кривая B – корни перпендикулярны КМП, КМП перпендикулярно силе тяжести; кривая D – корни параллельны КМП, КМП перпендикулярно силе тяжести; кривая E – контроль в ПМП.

Полученные результаты можно интерпретировать следующим образом. Прежде всего, здесь изложим свое понимание влияния КМП на гравитропическую реакцию

растений. Используем гипотезу, высказанную нами в [2], что ГТР связана с давлением тяжелых элементов клетки на ее мембрану в нижней части клетки, что, в свою очередь, приводит к открытию дополнительных каналов в нижней части клетки и образованию каналов для направленного транспорта ионов. Такое предположение вполне может объяснить ряд наблюдаемых эффектов и в нашем случае. Постоянная составляющая КМП заставляет все ионы (от знака заряда иона зависит только направление вращения) вращаться вокруг поля в ту или другую сторону. Любые столкновения приводят только к изменению радиуса вращения, но не частоты. Вращение связано с возникновением центробежных сил, а, следовательно, приводит к увеличению давления на клеточную оболочку. Наложение переменной составляющей МП на постоянную составляющую должно приводить к возникновению колебаний мембраны с частотой, равной частоте переменной составляющей КМП, что может привести к дополнительному открытию каналов в мембране в области максимального давления и дополнительному направленному транспорту ионов через образовавшиеся каналы. В КМП эти каналы могут быть расположены не только в месте нахождения самых тяжелых частиц в клетке, т.е. внизу, что может привести к изменению направленного транспорта ионов и знака ГТР. Изменение количества каналов приводит к изменению скорости ГТР. Однако резонансное образование новых каналов должно наблюдаться при этом на частотах собственных колебаний мембраны под действием силы тяжести, оценка этих частот дает величину порядка  $10^6 - 10^7$  Гц. Оценки давления, оказываемого на стенку мембраны крахмальными зернами, дают величину порядка  $(0.3 - 5) \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>, аналогичные расчеты для давления, оказываемого на стенку мембраны силой, возникающей в результате вращения ионов в КМП, дают величину того же порядка  $(0.1 - 0.5) \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>. Т.о. могут образовываться дополнительные каналы в мембране, причем в направлении, перпендикулярном силе гравитации, в нашем случае их образуется больше, т.к. направление силы Лоренца перпендикулярно силе гравитации. Кроме этого, наличие переменной составляющей КМП должно приводить к осцилляциям давления и растяжения мембраны в направлении, перпендикулярном силе гравитации, что, в свою очередь, должно приводить к осцилляциям размеров ионных каналов и изменению их пропускной способности. Однако образование новых дополнительных каналов в мембране при таком давлении затруднительно, т.к. для этого надо гораздо большее давление. Если же учесть давление оказываемое ионами, находящимися в электрическом поле, на стенку мембраны, то оно будет значительно больше: порядка  $10^7$  Н/м<sup>2</sup>, а это уже значительное давление. На него дополнительно накладывается давление, связанное с вращением. И даже малые добавки к давлению могут привести к образованию дополнительных каналов в мембране, причем в направлении, перпендикулярном силе гравитации, в нашем случае их образуется больше, т.к. направление силы Лоренца перпендикулярно силе гравитации. Кроме этого, наличие переменной составляющей КМП должно приводить к осцилляциям давления. А это уже ведет к осцилляциям мембраны и ее растяжению в направлении, перпендикулярном силе гравитации, что, в свою очередь, вызывает осцилляции размеров ионных каналов и их пропускной способности. Численная



оценка растяжения кальциевых каналов дает величину 10–100 нм. Это больше размера канала, равного приблизительно 0.3–0.7 нм. Осцилляции мембраны происходят с частотой переменной составляющей КМП. Размер пучка ионов (уширение одного размера) осциллирует с циклотронной частотой. Возможен резонанс этих двух процессов.

Однако резонансные эффекты на циклотронных частотах ионов должны наблюдаться только, если места синтеза ионов в клетке локализованы (вблизи этих мест должно быть максимальное число новых каналов в мембране). Таким образом, сама по себе эта гипотеза, высказанная нами в [2] не может приводить к резонансным эффектам на циклотронных частотах. Она объясняет только эффекты постоянного магнитного поля. Но если ее объединить с гипотезой и расчетами Либова с соавторами [8], то можно сделать очень интересные выводы.

Согласно [8], скорость дрейфа ионов пропорциональна величине электрического поля, времени столкновения ионов, функции Бесселя в квадрате от отношения магнитной индукции переменного магнитного поля к магнитной индукции постоянного магнитного поля, отношению заряда к массе иона.

Уравнение для движения иона в комбинированном магнитном поле  $B_z$  и электрическом поле  $E_x$  можно записать следующим образом [8]:

$$\begin{aligned} m dv_x/dt + mv_x/\tau &= qE_x + qB_z v_y \\ m dv_y/dt + mv_y/\tau &= -qB_z v_x \\ m dv_z/dt + mv_z/\tau &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $m$  – масса иона,  $v$  – его скорость,  $\tau$  – время свободного пробега иона (до столкновения с какими либо другими частицами)/ Из этих уравнений ясно, что скорость дрейфа лежит в  $xy$  – плоскости и его можно выразить как  $v = v_x + iv_y$ . Учитывая, что  $B = B_{DC} + B_{AC} \exp i\omega t$ , где  $\omega$  – частота внешнего магнитного поля, получается, что

$$dv/dt + 2\beta v = \Gamma - i\Omega (1 + \varepsilon \cos \omega t)v \quad (2)$$

Здесь  $\beta = 1/2 \tau$ ,  $\Omega = qB_{DC}/m$  – циклотронная частота,  $\varepsilon = B_{AC}/B_{DC}$ ,  $\Gamma = \Omega E_x / B_{DC}$ .

Решение уравнения (2) содержит как члены, которые затухают во времени, так и периодические члены. Оставляя в уравнении члены типа резонансных, получили для скорости  $v$  серию функций Бесселя:

$$v = \Gamma \sum J_n(\varepsilon \Omega/\omega) J_n(\varepsilon \Omega/\omega) / (2\beta + i\omega (\Omega/\omega - n)) \quad (3)$$

Для функции Бесселя 1-го порядка, т.е когда  $n=1$  для скорости дрейфа получается выражение

$$v = \Gamma J_1^2(\varepsilon) / 2\beta \quad (4)$$

При отходе от резонанса скорость дрейфа определяется формулой (5)

$$v = \Gamma J_1^2(\varepsilon \Omega/\omega) / [2\beta + (\omega^2/2\beta)(\Omega/\omega - 1)^2] \quad (5)$$

Для  $n=1$  имеем

$$v = q E_x \tau J_1^2(\varepsilon) / m \quad (6)$$

Подставляя в (6) численные значения  $E_x=10^6 - 10^7$  В/м,  $\tau=10^{-10}$ сек, получим для кинетической энергии пучка значение в 5 – 20 раз превышающее тепловую энергию ионов.

Полученные Либовым с соавторами формулы (4, 5) хорошо объясняют полученные эффекты в КМП, но не объясняют ни пороговых эффектов постоянного магнитного поля, ни сужения линии зависимости эффекта от отношения  $V_{AC}/V_{DC}$  при малых шумах  $V_{DC}$ .

Сравним данную гипотезу с нашей. Оба эти представления могут объяснить полученные нами ранее эффекты [1–5, 7, 9–11], если их объединить. Первый эффект – это наличие порога воздействия постоянного магнитного поля [9, 10].

Исходя из наших представлений, максимальное давление ионов на мембрану должно получаться в магнитном поле, направленном перпендикулярно потоку основных ионов, участвующих в изучаемом биологическом процессе, что приводит к возникновению новых каналов в направлении, перпендикулярном постоянному магнитному полю и параллельном направлению движения основных ионов либо увеличению их диаметра. Это в свою очередь должно приводить к возникновению пороговых биологических эффектов. С точки зрения формул (4, 5) наличие постоянного магнитного поля приводит к тому, что изменяется время затухания скорости пучка ионов  $a$ , следовательно, и к изменению потока ионов через мембрану, а значит, и к биологическим эффектам.

Комбинированное магнитное поле приводит, согласно нашим представлениям, к колебаниям мембраны в направлении, перпендикулярном магнитному полю с частотой переменной составляющей магнитного поля. Одновременно с циклотронной частотой колеблется радиус пучка ионов. Когда обе частоты совпадают, резонансно увеличивается поток ионов через мембрану. Это приводит к возникновению биологического эффекта. С точки зрения формул (4, 5) резонансно возрастает скорость дрейфа пучка ионов через мембрану.

Различие заключается в том, что Либов с соавторами учитывают большое электрическое поле мембраны и этот факт приводит к тому, что снимается основное возражение теоретиков, заключающееся в том, что энергия магнитного поля много ниже  $kT$ . Учет электрического поля мембраны, которое велико, дает величину в 5 – 20 раз большую, чем тепловая энергия  $kT$ . Т.е. основная энергия черпается из самой клетки, а комбинированное магнитное поле является спусковым механизмом для его включения.

Т.к. обе эти теории дают существенную зависимость наблюдаемых эффектов от направления движения определенных ионов, то полученные нами результаты можно трактовать следующим образом. Основное направление потока ионов кальция лежит вдоль корня: параллельно направлению его роста.

Здесь следует заметить, что, если основное направление ионов располагается вдоль направления комбинированного магнитного поля, то биологического эффекта не должно быть. Это и наблюдается нами в опыте.

Теперь постараемся объяснить расположение крахмальных зерен, подробно изученное нами в [3] в КМП. Колебания мембраны могут приводить к тому, что крахмальные зерна будут взаимодействовать с мембраной либо механически, либо

электрически. Они могут подталкиваться мембраной к центру клетки и даже дальше при колебании мембраны. Затем, если они даже и начнут оседать вниз, то попадут уже в противоположную часть клетки и, следовательно, могут изменить знак гравитропической реакции корня. Кроме того, столкновение крахмальных зерен с потоком ионов кальция должно приводить к возникновению в этих зернах дипольного момента (пьезоэлектрические свойства крахмала), направленного против электрического поля мембраны, что, по-видимому, также приводит к их движению к центру клетки на начальном этапе. В центре их энергия в электрическом поле меньше, т.к. электрическое поле в центре клетки минимально. Двигаясь к центру клетки, часть дипольных моментов начнет поворачиваться и может начать двигаться вверх, что приведет к отрицательной гравитропической реакции для корней. Т.е. в комбинированном магнитном поле гравитропическая реакция должна замедляться, или пропадать, или менять знак, если основной поток ионов направлен перпендикулярно КМП.

Пользуясь оценками Либова и нашими оценками, можно объяснить и зависимости наблюдаемого биологического эффекта от уровня внешнего магнитного шума [2, 12, 13]. Если уровень внешнего магнитного шума мал (пучок движущихся ионов не захватывает новых каналов из-за размытия ионного пучка в магнитном поле с индукцией, равной постоянной составляющей КМП), то КМП будет искажать зависимость величины биологического эффекта от отношения  $V_{AC}/V_{DC}$ , т.к. захват пучком нового канала будет сказываться резко в увеличении биологического эффекта. Линия этой зависимости будет более узкой, чем квадрат функции Бесселя [2]. При увеличении магнитного шума она будет приближаться к квадрату функции Бесселя первого порядка от  $V_{AC}/V_{DC}$ , как и определяется формулой (4). Это также хорошо совпадает с полученными нами ранее зависимостями [13].

Становится понятным также влияние экранирования внешнего магнитного поля на различные биологические процессы. Кроме эффекта, связанного с уменьшением постоянной составляющей, рассмотренного нами выше, должно существенно усилиться влияние внешних магнитных шумов. Например, при компенсации постоянной составляющей внешнего магнитного поля с помощью колец Гельмгольца или обычных ферромагнитных экранов до 10–1 мкТл [14, 15] отношение  $V_{AC}/V_{DC}$  для внешних магнитных шумов на частоте до 50 Гц равняется приблизительно 0.3–3. Следовательно, частоты до 50 Гц могут активно воздействовать на биологические процессы, т.к. большинство резонансных частот (для ионов кальция, магния, калия, меди) лежит в этой области. Магнитные бури при такой постановке эксперимента также являются активными. Поэтому уменьшение постоянной составляющей магнитного поля Земли является крайне нежелательным фактором, который может существенно изменять кальциевый, калиевый, магниевый обмен в клетке. Особенно это важно для ослабленных клеток, мембраны которых могут легко разрываться. Рассмотрим теперь возможный механизм адаптации клеток к влиянию КМП. Как хорошо видно из Рис. 9, ГТР постепенно (через 24 часа и далее) начинают восстанавливать свой знак. Увеличение транспорта кальция из клетки могут привести к тому, что концентрация

ионов магния внутри клетки возрастает. Т.к. ионы магния являются катализаторами синтеза липидов, то существенно может измениться коэффициент жесткости мембраны. Здесь следует отметить, что циклотронная частота ионов магния в постоянном магнитном поле Земли находится вблизи 50 Гц (в работах [16–18] было показано, что в КМП, постоянная составляющая которого равна магнитному полю Земли, а переменную составляющую КМП частотой 50 Гц создавали искусственно с помощью колец Гельмгольца, концентрация полярных липидов в мембране клеток редиса существенно изменялась, и при этом изменялась текучесть мембраны). Таким образом, изменение (уменьшение), коэффициента жесткости мембраны, согласно нашим предположениям, изложенным выше, может привести к уменьшению количества кальциевых каналов а, следовательно, и к увеличению концентрации ионов кальция внутри клетки.

### **ВЫВОДЫ**

1. Экспериментально показано, что гравитропическая реакция растений существенно зависит от направления корней относительно вектора комбинированного магнитного поля. При расположении корней перпендикулярно КМП и перпендикулярно силе гравитации (КМП параллельно силе гравитации) наблюдается отрицательная гравитропическая реакция. При расположении корней перпендикулярно КМП и силе гравитации (КМП перпендикулярно силе гравитации) гравитропическая реакция отсутствует. При расположении корней параллельно КМП и перпендикулярно силе гравитации (КМП перпендикулярно силе гравитации) гравитропическая реакция незначительно изменяется.
2. Полученные в этой работе эффекты и большинство полученных нами ранее результатов хорошо согласуются с гипотезами [2, 8]. Пользуясь ими можно утверждать, что основной поток ионов кальция направлен вдоль корней.
3. Существенную роль в наблюдении эффектов играет электрическое поле мембраны клетки. Учет его величины позволяет убрать все возражения теоретиков о невозможности действия магнитного поля, т.к. мала его энергия. МП и КМП являются лишь спусковым механизмом, освобождающим энергию клетки и приводящим к биологическим эффектам.
4. С помощью КМП, таким образом, можно регулировать скорость кальциевого обмена в клетке.
5. В нашем представлении механизм адаптации клеток к КМП может быть связан с ионами магния.

### **Список литературы**

1. Гравитропическая реакция растений в комбинированном (постоянном и переменном) магнитном поле // Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, Е.Л. Кордюм [и др.] // Доповіді НАН України. – 2002. – №4. – С. 176–179.
2. Шейкина Н.В. Влияние комбинированного магнитного поля на гравитропическую реакцию растений и спектр электромагнитного излучения, генерируемого ими в процессе роста //

- Н.В. Шейкина, Н.И. Богатина, Е.Л. Кордюм // Радиофизика и электроника. – 2005. – Т.10, №2. – С.331–335.
3. A weak combined magnetic field changes root gravitropism // N.I. Bogatina, E.L. Kordyum, Ya.M. Kalinina [et al.] // Advances in Space Research (a COSPAR information). – 2005. –V. 36, №7. – P. 1229–1236.
  4. Cyclotron-based effects on plant gravitropism // E. Kordyum, N. Bogatina, M. Sobol [et al.] // Journal of Advances in Space Reseach – 2007. – V 39, №7. – P. 1210–1218.
  5. Біологічна дія комбінованого магнітного поля на гравітропічну реакцію кореня *Lepidium Sativum* L. // Е.Л.Кордюм, Н.И. Богатина, М.А. Соболев [и др.] // Укр.ботан. журн. – 2008. – Т. 65, №1. – С. 141–157.
  6. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных, постоянных и переменных магнитных полей // В.В. Леднев // Биофизика. – 1996. – Т.41, № 1. – С. 224–232.
  7. Шейкина Н.В. Зависимость гравитропической реакции кресс-салата от амплитуды переменной составляющей комбинированного магнитного поля / Н.В. Шейкина, Н.И. Богатина, Е.Л. Кордюм // Біофізичний Вісник (Вісник Харківського університету). – 2007 – №18(1) – С. 78–90.
  8. Vincze G. New theoretical treatment of ion resonance phenomena // G.Vincze, A. Szasz, A.R. Liboff/. Bioelectromagnetics. – 2010 – Vol. 29 – P. 380–386.
  9. Изменения гравитропической реакции, вызванные постоянным магнитным полем. // Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, Е.Л. Кордюм [и др.] // Біофізичний вісник. 2006. – №17(1). – С. 78–82.
  10. Определение порога чувствительности проростков и корней пшеницы к величине магнитного поля // Н.И. Богатина, Б.И. Веркин, В.М. Кулабухов [и др.] // Физиология растений – 1979 – Т. 28, №3 – С. 620–624.
  11. Богатина Н.И. Влияние слабых магнитных полей на скорость роста, сухую массу и скорость клеточной репродукции гороха // Н.И. Богатина, Б.И. Веркин // Доклады АН УССР, серия Б – 1979 – №6 – С. 460–463.
  12. Богатина Н.И. Зависимость реакции биологических объектов на магнитные поля от их шумов (полей), возможное влияние на процессы эволюции // Н.И. Богатина, В.М. Литвин, М.П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1987. – №4. – С. 64–69.
  13. Шейкина Н.В. Влияние внешних магнитных шумов на гравитроническую реакцию растений и на амплитуду и спектр генерируемого ими в процессе роста магнитного шума. // Н.В. Шейкина, В.А. Бондаренко, Н.И. Богатина // Біофізичний вісник. 2008. – №20(1). – С. 96–102.
  14. Демцун Н.А. Влияние электромагнитного экранирования различной продолжительности на регенерацию планарий *Dugesia Tigrina* // Н.А. Демцун, М.М. Махонина, Н.А.Темурьянц, В.С. Мартынюк // Физика живого. – 2008. – Т.16, №1. – С. 68–73.
  15. Темурьянц Н.А. Особенности регенерации планарий *Dugesia Tigrina* при их электромагнитном экранировании в различные сезоны года. // Н.А. Темурьянц, Н.А. Демцун, В.С. Мартынюк // Физика живого. – 2008. – Т.16, №2. – С. 89–91.
  16. Новицкая Г.В. Влияние переменного магнитного поля на состав и содержание липидов в проростках редиса. // Г.В. Новицкая, О.А. Церенова, Т.К. Кочешкова, Ю.И. Новицкий // Физиология растений. – 2006. – Т.53, №1. – С. 83–93.
  17. Влияние переменного магнитного поля на состав и содержание липидов семядольных листьев редиса // Г.В. Новицкая, О.А. Церенова, Т.К. Кочешкова [и др.] // Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2006. – Выпуск 8. – С. 23–33.
  18. The influence of combined magnetic field on the fusion of plant protoplasts // O. Nedukha, N. Bogatina, E. Kordyum [et al.] // J. Gravit. Physiol. – 2007. – Vol.14, №1. – P. 117–118.

**Богатина Н.И. Вплив орієнтації коренів відносно комбінованого магнітного поля на зміни гравітропічної реакції коренів крес-салату та кукурудзи експеримент та нова гіпотеза, механізми адаптації / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, Е.Л. Кордюм // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 16-30.**

Експериментально доведено, що гравітропічна реакція рослин залежить від напрямку коренів відносно комбінованого магнітного поля (КМП). При розтушовуванні коренів  $\perp$  КМП і силі гравітації (КМП  $\parallel$  силі гравітації) спостерігається негативна гравітропічна реакція. При розтушовуванні коренів  $\perp$  КМП і силі гравітації (КМП  $\perp$  силі гравітації) гравітропічна реакція відсутня. При

розтушовуванні коренів  $\parallel$  КМП і  $\perp$  силі гравітації (КМП  $\perp$  силі гравітації) гравітропічна реакція не змінюється. Отримані в цій роботі ефекти добре збігаються з гіпотезами Лібова і нашої. Якщо використовувати їх, можливо стверджувати, що основний потік іонів  $\text{Ca}^{2+}$  має напрямок уздовж коренів. Значну роль в спостереженні ефектів грає електричне поле мембрани клітини. Урахування його величини дозволяє не погоджуватися з усіма запереченнями, що до неможливості дії КМП, тому що мала його енергія. КМП є лише механізмом, який звільняє енергію клітини. За допомогою КМП можливо регулювати швидкість  $\text{Ca}^{2+}$  обміну в клітині. Обговорюється можливий механізм адаптації клітин к КМП. Він пов'язаний з іонами магнію.

**Ключові слова:** комбіноване магнітне поле, циклотронна частота, гравітропічна реакція, електричне поле мембрани.

**Bogatina N.I. Influence of roots orientation relatively combined magnetic field direction on the cress and mays roots gravitropic reaction's changes. Experiment and new hypothesis. Adaptation mechanism / N.I. Bogatina, N.V. Sheykina, E.L. Kordyum // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 16-30.**

It was shown experimentally that the graviyropic reaction of plants depended on the roots direction relatively to combined magnetic field (CMF) direction. While the roots were located  $\perp$  to gravitation force (CMF was  $\parallel$  to gravitation force) the negative gravitropic reaction was observed. While the roots were located  $\perp$  to CMF (CMF was  $\perp$  to gravitation force) the gravitropic reaction was absent. . While the roots were located  $\parallel$  to CMF and  $\perp$  gravitation force (CMF was  $\perp$  to gravitation force) the gravitropic reaction didn't change. The effects obtained in the work may be explained by Liboff's and our hypotheses. By using them we can conclude that the main  $\text{Ca}^{2+}$  current was directed along the roots. The essential role in observing the effects played the electrical field of cell membrane. By taking in account the magnitude of the electrical field we could get over all theoretic objections that the effects of magnetic fields observed were impossible because its energy was very small. We think that CMF was only the switching on mechanism, which released the cell energy. By means of CMF one may regulate the calcium exchange velocity in cell. The possible mechanism of cell adaptation in CMF was discussed It is proposed to be connected with  $\text{Mg}^{2+}$  ions.

**Keywords:** combined magnetic field, cyclotron frequency, gravitropic reaction, electric field of membrane.

*Поступила в редакцію 22.04.2012 г.*

**УДК 612.171**

## **КОНТРОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕЛЬФИНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПЕРКАПНИЧЕСКОГО ТЕСТА**

*Богданова Л.Н., Матишева С.К.*

*Научно-исследовательский центр Вооруженных Сил Украины «Государственный океанариум», Севастополь, Украина  
E-mail: andreeva.54@list.ru*

Исследованы изменения показателей внешнего дыхания, газообмена и сердечной деятельности у азовок и афалин при вдыхании ими гиперкапнических смесей с целью оценки чувствительности дыхательного центра к избытку углекислого газа, а также возможности использования гиперкапнического теста для контроля функционального состояния дельфинов и их оздоровления при содержании в условиях неволи.

**Ключевые слова:** афалины, азовки, функциональное состояние, гиперкапнический тест.

### **ВВЕДЕНИЕ**

К настоящему времени создан метод, при котором гиперкапния используется для лечения людей с легочными и сердечными заболеваниями такими как: бронхиальная астма, стенокардия, гипертоническая болезнь, облитерирующий эндартериит, а также для функциональной диагностики коронарной болезни [1–5]. В литературе имеются отрывочные данные по воздействию гиперкапнических смесей на дельфинов [6]. В этой связи представляло интерес выяснить чувствительность дыхательного центра дельфинов к избытку углекислого газа, исследовать возможность использования этого метода для оценки функционального состояния и для оздоровления больных дельфинов с легочной и сердечной патологией

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования проведены на 5 здоровых афалинах и 6 здоровых азовках, а также на 5 афалинах и 6 азовках с легочной патологией. Для оценки функционального состояния дыхательной, сердечно-сосудистой систем дельфинов в норме и при легочной патологии был использован гиперкапнический тест (вдыхание газовой смеси с избытком углекислого газа). При проведении гиперкапнического теста у афалин использовалась газовая смесь, содержащая 20,9% кислорода и 7,2% углекислого газа в азоте, у азовок - газовая смесь содержащая - 20,9 % кислорода и 4,8% углекислого газа в азоте. Газообмен исследовали с использованием дыхательной маски разработанной нами совместно с А.З. Колчинской и А.Г. Мисюрой. Маска с датчиком дыхания с помощью резиновых присосок на

время обследования закреплялась над дыхалом дельфина. Она имела два патрубка. Из одного патрубка отбирались пробы выдыхаемого и альвеолярного воздуха для газоанализа, а через другой дельфины могли дышать атмосферным воздухом и периодически подаваемой им газовой смесью. Объем выдыхаемого воздуха определяли с помощью газовых часов типа ГСБ-400. Содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом и альвеолярном воздухе определяли на газоанализаторе ГВВ-2. Содержание кислорода и кислородную емкость крови - на аппарате АГК-2. Расчет ряда параметров дыхания проводился по методу А.З. Колчинской [7]. Электрокардиограмму регистрировали на кардиографе «Малыш». Два электрода, герметично вмонтированные в резиновые присоски, закрепляли на теле дельфина у основания грудных плавников, два других - на средней части хвостового стебля справа и слева. Пробы крови отбирали пункцией вен или артерий хвостового плавника. Клинические показатели крови определяли по общепринятым методикам [8].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Исследования показали, что вдыхание смесей содержащих избыток углекислого газа вызывает у афалин выраженные изменения параметров дыхания. Наблюдалось увеличение частоты дыхания на 10-20%, дыхательного объема в 1,6 раза и увеличение легочной вентиляции. Эффективность газообмена становилась более низкой: вентиляционный эквивалент увеличивался в 2 раза, уменьшалось соотношение между альвеолярной и легочной вентиляцией с 90% до 80%. Указанные изменения вентиляции и газообмена приводили к изменениям параметров кислородного режима организма. Возрастала в 1,8 раза скорость поступления кислорода в легкие и альвеолы и увеличивалось парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе (на 30-40 мм. рт. ст.). Парциальное давление углекислого газа при этом повышалось только на 8 мм. рт. ст. (с 54 до 62 мм. рт. ст.). У азовок вдыхание гиперкапнической смеси вызывало большее, чем у афалин увеличение частоты дыхания и меньшее увеличение дыхательного объема. Минутный объем дыхания повышался в 1,9 раза. Соотношение между альвеолярной вентиляцией и минутным объемом дыхания изменялось меньше, чем у афалин. Скорость потребления кислорода возрастала более чем на 10% (с 224 мл/мин. до 324 мл/мин.), напряжение кислорода в альвеолярном воздухе возрастало на 15 мм. рт. ст., а парциальное давление углекислого газа - на 7 мм. рт. ст. Экономичность газообмена у азовок снижалась в меньшей степени, чем у афалин. Вентиляционный эквивалент возрастал в 1,5 раза, кислородный эффект дыхательного цикла повышался. Показатели дыхания и газообмена, у азовок в норме и при заболевании имели значительные различия (табл. № 1, 2). У больных азовок при гиперкапнии частота дыхания увеличивалась больше, чем здоровых. Дыхательный объем больных азовок при вдыхании гиперкапнических смесей был в три - четыре раза меньше, чем здоровых. Минутный объем дыхания у больных азовок возрастал меньше, чем у здоровых. Гиперкапнический тест позволил выявить важные симптомы патологии легких у азовок: резкое увеличение физиологического мертвого дыхательного пространства и снижение альвеолярной вентиляции и ее



доли в вентиляции легких. Отношение альвеолярной вентиляции к минутному объему дыхания у больных азоек снижалось с 63 до 44%, в то время как здоровых с 84,2 до 78,2 %. Скорость потребления кислорода и эффективность внешнего дыхания также снижались. Значительно снизился кислородный эффект дыхательного цикла с 57,1 мл до 13,6 мл, в то время как вентиляционный эквивалент повысился.

Таблица 1.

Параметры внешнего дыхания афалин и азоек при избытке углекислого газа во вдыхаемом воздухе ( $x \pm Sx^2$ )

Вид дельфина, (вес в кг)	Состав вдыхаемой газовой смеси	Показатели вентиляции				Показатели газообмена				Показатели экономичности		
		частота дыхания	дыхательный объем, л	минутный объем дыхания	альвеолярная вентиляция	потребление кислорода	выделение углекислого газа	Парциальное давление в альвеолах		Кислородный эффект дыхательного цикла	вентиляционный эквивалент	отношение альвеолярной вентиляции к легочной
								кислорода	углекислого газа			
		дых/мин	л	л/мин	мл/мин	мм.	рт. ст.	мл			%	
Афалины (150-210)	Атмосферный воздух (20,9 % O <sub>2</sub> в азоте)	1,75±0,1	3,9±0,2	6,9±0,4	6,2±1,2	590±32	371±11	67±1,8	54±0,9	337±21	11,5±0,4	90±2,4
	Гиперкапническая смесь (6,3-8,8% CO <sub>2</sub> в воздухе)	2,1±0,2	6,0±0,3	12,8±0,7	9,9±1,5	574±28	211±5,0	101±2,6	62±1,1	268±12	22,5±0,9	80±1,9
Азовки (20-40)	Атмосферный воздух (20,9 % O <sub>2</sub> в азоте)	7,6±0,2	0,75±0,06	5,1±0,3	4,0±0,3	224±9,0	148±6,0	98±3,1	37±0,6	28,2±1,2	23,4±0,8	69±1,2
	Гиперкапническая смесь (4,0-4,8% CO <sub>2</sub> в воздухе)	10,5±0,7	0,94±0,08	9,6±0,5	6,8±0,5	324±14	208±9	113±9,6	44±0,7	34,5±1,4	32,5±1,5	67±1,7

При вдыхании азовками и афалинами гиперкапнических смесей регистрировалось замедление сердечного ритма. Нерегулярный ритм сердечных сокращений характерный для этих животных в норме при вдыхании смесей сглаживался. Замедление ритма сердечных сокращений у больных дельфинов в период вдыхания смесей с повышенным содержанием углекислого газа было меньшим, чем здоровых. У афалин вдыхавших газовую смесь с более высоким содержанием углекислого газа в смеси по сравнению с азовками ритм сердечных сокращений изменялся более значительно. Представленные данные свидетельствуют о том, что нагрузка на систему дыхания и сердечно-сосудистую систему, создаваемая путем вдыхания газовых смесей, содержащих избыток углекислого газа, у больного животного проявлялась более выраженными сдвигами

параметров дыхания и кровообращения, снабжающих организм кислородом. Использование гиперкапнического теста и у здоровых и у больных дельфинов проявлялось в учащении дыхания, приводящем к увеличению вентиляции легких. Наблюдалось значительное увеличение физиологического мертвого дыхательного пространства и снижение соотношений между альвеолярной вентиляцией и минутным объемом дыхания. Однако у больных дельфинов период восстановления параметров дыхания до исходных после гиперкапнии был более длительным, требовал большого напряжения систем доставки кислорода в организм, чем у здоровых дельфинов.

Таблица 2.

**Параметры внешнего дыхания и газообмена у азовок при вдыхании гиперкапнической смеси до заболевания и при пневмонии**

Характеристики и состав вдыхаемой газовой смеси	Время вдыхания смеси, мин	Частота дыхания в минуту	Дыхательный объем, л/мин	Минутный объем дыхания л/мин	Физиологическое мертвое дыхательное пространство, л	Альвеолярная вентиляция, л/мин	Потребление кислорода мл/мин	Выделение углекислого газа, мл/мин	Отношение альвеолярной вентиляции к легочной, %	Кислородный эффект дыхательного цикла, мл	Вентиляционный эквивалент
До заболевания											
Атмосферный воздух (20,9% O <sub>2</sub> в азоте)	10	4,4	1,28	5,6	0,86	4,8	306	244	84,2	70,0	15,1
Гиперкапнический тест (4,8% CO <sub>2</sub> в воздухе)	5	6,2	1,32	8,2	1,99	7,2	354	212	78,2	57,1	26,0
	1-2	5,7	1,21	6,9	1,20	5,7	348	266	82,6	61,0	19,8
	6-7	4,9	1,16	5,7	0,94	4,8	313	238	84,0	63,9	16,4
	11-12	4,1	1,30	5,3	0,90	4,4	292	224	83,0	70,1	17,8
Атмосферный воздух	21-22	4,0	1,25	5,0	0,83	5,2	317	250	86,6	79,2	18,9
	31-32	4,5	1,30	5,8	0,77	5,1	309	276	86,4	68,6	19,0
	41-42	4,2	1,27	5,4	0,86	4,5	316	260	84,9	75,2	16,9
	51-52	4,6	1,1	5,1	0,75	4,4	305	247	84,3	66,3	16,7
При пневмонии											
Атмосферный воздух (20,9% O <sub>2</sub> в азоте)	10	12	0,38	4,5	1,92	4,0	209	159	63	16,5	22,7
Гиперкапнический тест (4,8% CO <sub>2</sub> в воздухе)	5	13,4	0,39	5,2	3,4	2,5	183	80	44,3	13,6	28,4
	1-2	14,0	0,41	6,4	3,0	3,4	189	166	53,1	13,5	33,8
	6-7	11,5	0,39	4,9	2,3	2,6	203	154	53,0	17,6	24,3
	11-12	14,0	0,35	5,4	2,0	3,4	216	132	63,4	15,4	25,0
Атмосферный воздух	21-22	12,5	0,36	4,9	2,2	2,8	210	138	57,1	16,8	24,2
	31-32	13,5	0,37	5,5	2,6	2,9	220	169	52,7	16,3	25,2

Таким образом, наши исследования показали, что здоровые и больные животные по-разному реагируют на гиперкапнию. У здоровых животных гиперкапния вызывала задержку дыхания и замедление сердечного ритма (рис. 1). У больных животных замедление дыхательного ритма было выражено в меньшей

степени: брадикардия была недлительной, часто отсутствовала, или через 0,5-1 мин переходила в тахикардию. Выявленные отличия в реакции системы дыхания и сердечной деятельности здоровых и больных дельфинов на вдыхание гиперкапнических смесей позволяет сделать заключение о том, что гиперкапнический тест обеспечивает выявление различий между больными и здоровыми животными даже при скрытой патологии. После проведения цикла гиперкапнических тренировок клинические показатели крови у большинства больных азоек нормализовались. Продолжительность жизни азоек, с которыми проводились ежедневные гиперкапнические тренировки, более чем в 2 раза превысила продолжительность жизни остальных, отловленных одновременно.

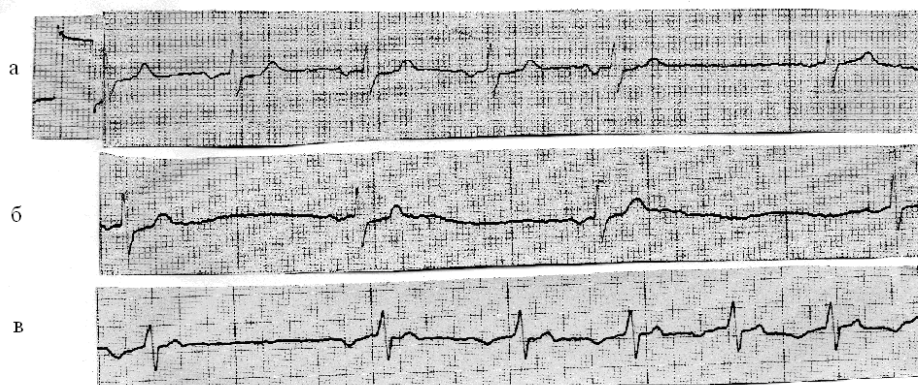


Рис. 1. Электрокардиограмма здоровой афалины при вдыхании гиперкапнической газовой смеси (20,9% кислорода и 7,2% углекислого газа в азоте). а - в норме; б - на 5-ой минуте вдыхания газовой смеси; в – на 15-ой мин восстановления.

### ВЫВОДЫ

1. У здоровых азоек вдыхание гиперкапнических смесей вызывает учащение дыхания, изменение фаз дыхательного цикла, уменьшение дыхательного объема, усиление вентиляции легких и уменьшение поглощения кислорода кровью из легких.
2. У больных азоек в условиях гиперкапнии наблюдаются более выраженные нарушения в функциях вентиляции, газообмена и сердечной деятельности, чем в тех же условиях у здоровых, для восстановления параметров до нормы требуется более длительное время.
3. Особенности реакции внешнего дыхания, газообмена и сердечной деятельности у здоровых и больных дельфинов при проведении гиперкапнического теста служат достаточным основанием для того, чтобы использовать этот тест для проведения функционального контроля их состояния.
4. Метод интервальной гиперкапнической тренировки представляется перспективным для использования в зооветеринарной практике, как

нетрадиционный метод оздоровления содержащихся в условиях неволи дельфинов после отработки режимов применительно к этому виду животных.

#### Список литературы

1. Юсупалиева М.М. Применение гипоксического и гиперкапнического стимулов при хроническом обструктивном заболевании: обзор литературы и собственные данные / М.М. Юсупалиева // Вестник физиотерапии и курортологии. 2011. – №2. – С. 51-55.
2. Юсупалиева М.М. Влияние комбинированного применения гипоксическигиперкапнического стимула и метод аппаратной физиотерапии на иммунную систему больных хроническим обструктивным заболеванием легких / М.М. Юсупалиева В.М. Савченко // Международный медицинский журнал . – 2007. – Т. 13, №3 . – С. 98-104.
3. Токарева Е.Р. Влияние на качество жизни больных астмой неинвазивной магнитолазеротерапии и ее комбинации с гипоксически-гиперкапническим стимулом / Е.Р. Токарева // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2011. – Т. 13, №3 – С. 25-28.
4. Колобов Ф.Г. Дыхание по Бутейко / Колобов Ф.Г. – М.: ООО Изд-во АСТ Донецк «Сталкер», 2003. – 120 с.
5. Бутейко В.К. Теория Бутейко о роли дыхания в здоровье человека: научное введение в метод Бутейко для специалистов / В.К. Бутейко, М.М. Бутейко. – Воронеж: ООО «Общество Бутейко», 2005. – 100 с.
6. Дыхание дельфинов в условиях гипоксии и гиперкапнии / В.М. Шапунов, А.З. Колчинская, О.Г. Карандеева [и др.] // Морские млекопитающие: сб. тез. – К, Наукова Думка, 1975 . – С. 170-171.
7. Колчинская А.З. Кислородные режимы ребенка и подростка / Колчинская А.З. – К.: Изд-во Наукова думка, 1973. – 320 с.
8. Лабораторные методы исследования в клинике / под ред. Меншикова В.В. – М.: Медицина, 1987. – 385 с.

**Богданова Л.М. Контроль функціонального стану дельфінів з використанням гіперкапнічного тесту / Л.М. Богданова, С.К. Матишева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 31-36.**

Досліджено зміни показників зовнішнього дихання, газообміну та електрокардіограми в азовок і афалін під час вдихання гіперкапнічних сумішей з метою оцінки чутливості дихального циклу до надлишку вуглекислого газу, а також можливості використання гіперкапнічного тесту для контролю функціонального стану дельфінів і їх оздоровлення під час утримання в умовах неволі.

**Ключові слова:** азовка, афаліна, функціональний стан, гіперкапнічний тест.

**Bogdanova L.N. Control of dolphins' functional state, using hypercapnic test / L.N. Bogdanova, S.K. Matisheva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 31-36.**

Research of change in external respiration, gas exchange and electrocardiogram indices in common porpoises and bottlenose dolphins at inhalation hypercapnic mixtures in order to estimate sensitivity of respiratory center to carbon dioxide excess as well as availability to use hypercapnic test for control of dolphins' functional state and their recreation in captivity conditions.

**Keywords:** bottlenose dolphins, common porpoises, functional state, hypercapnic test.

*Поступила в редакцію 26.04.2012 г.*

**УДК 612.35 + 612.357.15**

## **ВПЛИВ L-АРГІНІНУ НА СПЕКТР ХОЛАТІВ У ЖОВЧІ ЩУРІВ**

***Бондзик О.В., Решетнік Є.М., Весельський С.П., Янчук П.І.***

*ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка,  
Київ, Україна  
E-mail: elena\_physiology@ukr.net*

В умовах гострого експерименту на щурах досліджувався вплив L-аргініну на спектр холатів у жовчі з використанням методу тонкошарової хроматографії. Показано, що L-аргінін (10 мг/кг, внутрішньопортально) викликав збільшення концентрації дигідроксихоланових вільних та кон'югованих з таурином жовчних кислот (порівняно з вихідним рівнем показників), разом з тим спостерігалось зменшення концентрації глікохолевої кислоти. L-аргінін на фоні блокади NO-синтаз за допомогою L-NAME (20 мг/кг) зумовлював збільшення концентрації кон'югованих жовчних кислот.

**Ключові слова:** L-аргінін, жовчні кислоти, L-NAME.

### **ВСТУП**

Численні джерела літератури свідчать про значні, переважно гепатопротективні властивості L-аргініну [1-6]. Виходячи з цього, інтенсивно вивчаються ефекти L-аргініну на різні біохімічні, цитологічні, гістологічні показники стану печінки та жовчовивідних шляхів за умов експериментальної патології різної етіології [6-8]. Наголошується на можливості зміни антиоксидантно-прооксидантної рівноваги за участю L-аргініну [9-12], його здатності впливати на білковий обмін при ураженні печінки [13], індукції ним цитохрому P-450 [8] та запобіганні апоптичній загибелі гепатоцитів при ішемії-реперфузії печінки [2]. Загалом, можна вважати, що L-аргінін, виявляючись залученим до цілої низки життєво важливих метаболічних процесів, здатен істотно змінювати функціонування гепато-біліарної системи людини і тварин. Провідним механізмом впливу аргініну на структурно-функціональний стан печінки при різних патологіях вважають перш за все те, що ця амінокислота виступає як субстрат для синтезу важливої поліфункціональної регуляторної сполуки – NO [1, 2, 6, 13]. В свою чергу, оксид азоту за фізіологічних умов виявляє цитопротекторну дію, забезпечує розширення судин у печінці, запобігає розвитку тромбозу, виступає у якості антиоксиданта, проте при надлишковому його утворенні виявляє цитотоксичну дію [14], а також виявляє гальмівний вплив на транспорт жовчних кислот у гепатоцитах [15].

Не зважаючи на все вищезазначене, питання про механізми дії L-аргініну на таку специфічну функцію печінки як жовчосекреторна лишається маловивченим. Значною мірою інтенсивність секреції жовчі об'єктивно свідчить про функціональний стан печінки, а зміни вмісту в жовчі специфічних органічних компонентів – жовчних кислот відображають перебіг багатьох обмінних процесів у гепатоцитах [16, 17].

Попередньо нами встановлено, що L-аргінін при внутрішньопортальному введенні у дозі 5 мг/кг виявляє гіпохолеретичну дію та змінює співвідношення жовчних кислот та ліпідів у жовчі [18]. Тому метою нашої подальшої роботи стало дослідження впливу L-аргініну на жовчосекреторну функцію печінки щурів як окремо, так і на тлі блокади NO-синтази за допомогою L-NAME.

#### **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

Досліди проведено на білих щурах-самцях масою 200–300 г у гострих спробах. Під час досліду тварини перебували під тіопенталовим наркозом (6 мг/100 г, внутрішньочеревино). Для дослідження функції жовчовиділення здійснювали лапаротомію і канюлювання жовчної протоки. Через 30 хв. після канюлювання визначали вихідний рівень жовчовиділення шляхом збору трьох 10-хвилинних порцій жовчі. Після цього піддослідним щурам у ворітну вену болюсно вводили розчин L-аргініну (10 мг/кг маси тіла). Тваринам контрольної групи аналогічним способом вводили фізіологічний розчин (1мл/кг маси тіла). Для дослідження дії L-аргініну на фоні блокади NO-синтаз неселективний блокатор NO-синтаз L-NAME (20 мг/кг маси тіла) вводили внутрішньопортально за 5 хвилини до ін'єкції L-аргініну. Також варто зазначити, що інфузія L-аргініну безпосередньо у кров є набагато ефективнішою, ніж пероральний прийом, оскільки ця амінокислота погано всмоктується в кишечнику внаслідок метаболізування кишковою мікрофлорою [19].

У зібраних впродовж двох півгодинних проміжків досліду пробах жовчі визначали жовчні кислоти за методикою Весельського та ін. [20]. Цей метод дає змогу виявити в жовчі такі жовчні кислоти: кон'юговані таурохолеву (ТХК), таурохенодезоксихолеву і тауродезоксихолеву в суміші (ТХДХК+ГДХК), глікохолеву (ГХК), глікохенодезоксихолеву і глікодезоксихолеву в суміші (ГХДХК+ГДХК), а також вільні жовчні кислоти холеву (ХК) та хенодезоксихолеву і дезоксихолеву в суміші (ХДХК+ДХК). Чутливість методу – 1–3 мкг органічного компонента в пробі. Показник концентрації кожної із зазначених жовчних кислот у пробах жовчі, отриманих після введення досліджуваних речовин, порівнювали із значеннями вмісту відповідної жовчної кислоти у першій півгодинній пробі жовчі, яку вважали вихідним рівнем.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою пакету програм STATISTICA 6.0 (Stat-Soft, USA). Для оцінки нормальності розподілу використовували тест Шапіро–Вілка. Для оцінки значущих відмінностей між вибірками з нормальним розподілом даних використовували критерій Ст'юдента для залежних вибірок. Відмінності між групами вважали вірогідними при рівні значущості  $p < 0,05$ .

#### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

У щурів контрольної групи виявлено, що концентрації всіх фракцій кон'югованих жовчних кислот знижувалися впродовж досліду. Найбільш вираженим було зменшення вмісту ГХДХК+ГДХК. Концентрація цих дигідроксихоланових глікокон'югатів у жовчі в останній півгодинній пробі (90 хв. досліду) була на 19,7% ( $p < 0,05$ ) меншою, ніж у першій півгодинній пробі жовчі (табл.1). Концентрація вільних (некон'югованих) три- і дигідроксихоланових

**ВПЛИВ L-АРГІНІНУ НА СПЕКТР ХОЛАТІВ У ЖОВЧІ ЩУРІВ**

жовчних кислот (ХК, ХДХК+ДХК) статистично значимо не змінювалася впродовж досліду порівняно із вихідним рівнем.

**Таблиця 1**

**Концентрація жовчних кислот у жовчі щурів після внутрішньопортального введення фізіологічного розчину (1 мл/кг), M±SD, n=8**

Жовчні кислоти						
Час досліджу, хв	ТХК	ТХДХК +ТДХК	ГХК	ГХДХК +ГДХК	ХК	ХДХК +ДХК
30 хв; № 1	185,3 ±14,26	115,42 ±8,91	140,62 ±25,85	34,53 ±16,16	22,41 ±10,05	8,9 ±3,22
Внутрішньопортальне введення фізіологічного розчину (1 мл/кг)						
60 хв; №2	179,81 ±13,99 *	112,04 ±9,88	138,41 ±27,59	32,47 ±16,65	21,88 ±9,02	8,36 ±2,38
90 хв; №3	177,32 ±16,85	105,7 ±9,32 *	131,61 ±26,63 *	27,74 ±12,23 *	18,44 ±5,62	7,72 ±1,79

*Примітка:* \* – p<0,05 порівняно з вихідним рівнем (концентрація жовчної кислоти у півгодинній пробі жовчі, отриманій до введення досліджуваної сполуки)

Натомість, після внутрішньопортального введення L-аргініну (10 мг/кг) спостерігалися різнонаправлені зміни концентрації жовчних кислот у жовчі щурів. Так, концентрація ТХДХК+ТДХК на 90 хв. досліджу була вищою від вихідного рівня на 10,1% (p<0,05) (табл. 2). Концентрація ХДХК+ДХК у жовчі щурів через 30 хв. після внутрішньопортального введення L-аргініну (60 хв. досліджу) вірогідно збільшувалася порівняно з вихідним рівнем на 36,8% (p<0,05). Лише концентрація ГХК виявилася нижчою від вихідного рівня на 12,1% (p<0,05). При цьому не спостерігалось статистично значимого зниження концентрацій ТХК, ГХДХК+ГДХК порівняно із значеннями, зафіксованими у першій півгодинній пробі, отриманій до введення амінокислоти.

**Таблиця 2**

**Концентрація жовчних кислот у жовчі щурів після внутрішньопортального введення L-аргініну (10 мг/кг), M±SD, n=6**

Жовчні кислоти						
Час досліджу, хв	ТХК	ТХДХК +ТДХК	ГХК	ГХДХК +ГДХК	ХК	ХДХК +ДХК
30 хв; № 1	171,28 ±10,14	96,33 ±15,44	152,78 ±51,92	22,68 ±6,32	19,1 ±8,94	8,83 ±1,51
Внутрішньопортальне введення розчину L-аргініну (10 мг/кг)						
60 хв; №2	171,5 ±3,4	105,2 ±20,52	152,93 ±65,69	23,6 ±9,23	21,65 ±15,37	12,08 ±2,93 *
90 хв; №3	167,43 ±6,86	106,05 ±20,46 *	134,3 ±64,73 *	21,8 ±6,92	21,17 ±11,23	10,38 ±1,93

*Примітка:* \* – p<0,05 порівняно із вихідним рівнем (концентрація жовчної кислоти у півгодинній пробі жовчі, отриманій до введення досліджуваної сполуки)

Блокада NO-синтази за допомогою L-NAME (20 мг/кг) не викликала змін концентрації всіх досліджуваних фракцій глікокон'югатів, вільних жовчних кислот та ТХК порівняно з вихідним рівнем (табл. 3). Лише наприкінці досліду (90 хв.) зареєстровано збільшення концентрації суміші ТХДХК+ТДХК на 10,6 % ( $p < 0,01$ ).

**Таблиця 3**  
**Концентрація жовчних кислот у жовчі щурів після внутрішньопортального введення L-NAME (20 мг/кг),  $M \pm SD$ ,  $n=6$**

Жовчні кислоти						
Час досліджу, хв	ТХК	ТХДХК +ТДХК	ГХК	ГХДХК +ГДХК	ХК	ХДХК +ДХК
30 хв; № 1	182,35 $\pm 14,34$	97,18 $\pm 16,15$	135,77 $\pm 85,49$	29,6 $\pm 10,16$	21,90 $\pm 17,69$	10,85 $\pm 3,21$
Внутрішньопортальне введення розчину L-NAME (20 мг/кг)						
60 хв; №2	183,6 $\pm 31,01$	101,62 $\pm 23,17$	137,92 $\pm 103,61$	28,66 $\pm 12,95$	21,58 $\pm 12,39$	11,23 $\pm 2,86$
90 хв; №3	188,92 $\pm 27,25$	107,45 $\pm 15,46$ **	138,48 $\pm 95,27$	27,13 $\pm 10,27$	22,68 $\pm 12,88$	12,03 $\pm 3,35$

*Примітка:* \*\* –  $p < 0,01$  порівняно із вихідним рівнем (концентрація жовчної кислоти у півгодинній пробі жовчі, отриманій до введення досліджуваної сполуки)

При введенні L-аргініну на тлі попередньої блокади NO-синтаз спостерігалось виключно збільшення концентрації кон'югованих жовчних кислот порівняно з вихідним рівнем, а концентрація вільних жовчних кислот підтримувалася на рівні близькому до такого у першій півгодинній пробі жовчі (табл.4).

**Таблиця 4**  
**Концентрація жовчних кислот у жовчі щурів після введення L-аргініну (10 мг/кг) на фоні дії L-NAME (20 мг/кг),  $M \pm SD$ ,  $n=6$**

Жовчні кислоти						
Час досліджу, хв	ТХК	ТХДХК +ТДХК	ГХК	ГХДХК +ГДХК	ХК	ХДХК +ДХК
30 хв; № 1	188,62 $\pm 14,09$	96,07 $\pm 17,61$	164,55 $\pm 62,0$	25,97 $\pm 10,58$	20,15 $\pm 8,54$	10,27 $\pm 2,93$
Внутрішньопортальне введення розчинів L-NAME (20 мг/кг) та L-аргініну (10 мг/кг)						
60 хв; №2	207,55 $\pm 21,71$ **	107,73 $\pm 18,99$ **	176,93 $\pm 76,15$ *	29,00 $\pm 10,6$ *	20,7 $\pm 8,19$	10,7 $\pm 2,04$
90 хв; №3	213,25 $\pm 30,25$ *	108,4 $\pm 25,78$ *	171,48 $\pm 113,46$	28,5 $\pm 11,45$	21,32 $\pm 11,59$	10,9 $\pm 1,96$

*Примітка:* \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$  порівняно із вихідним рівнем (концентрація жовчної кислоти у півгодинній пробі жовчі, отриманій до введення досліджуваної сполуки)

Отже, як блокатор NO-синтаз, так і L-аргінін за їх окремої дії сприяли підтриманню концентрації ТХК на рівні, близькому до вихідного. А у серії



експериментів із спільним використанням L-NAME і L-аргініну спостерігалось вірогідне збільшення (на 10-13%;  $p < 0,05$ ) концентрації таурохолевої кислоти у жовчі щурів. Ефекти L-NAME і L-аргініну (у разі їх окремого застосування) на вміст у жовчі дигідроксихоланових таурокон'югатів виявилися односпрямованими, а саме: як блокатор NO-синтази, так і донор NO викликали збільшення концентрації таурокон'югатів дигідроксихоланових жовчних кислот у пробах жовчі. Цікаво, що при спільному застосуванні цих сполук концентрація суміші таурохолатів ТХДХК+ТДХК зростала порівняно з вихідним рівнем на 12,1% ( $p < 0,01$ ) і 12,8% ( $p < 0,05$ ), тобто не спостерігалось сумарної ефектів L-NAME і L-аргініну. Зменшення вмісту в жовчі ГХК під впливом L-аргініну повністю усувалося попереднім введенням L-NAME. Застосування блокатора NO-синтази перед введенням L-аргініну також запобігало стимулюючому впливу амінокислоти на надходження суміші вільних жовчних кислот ХДХК+ДХК у жовч щурів.

Слід відзначити також встановлені нами дозозалежні ефекти L-аргініну на вміст холатів у жовчі. Якщо у дозі 5 мг/кг L-аргінін викликав збільшення концентрації тригідроксихоланової кон'югованої таурохолевої кислоти з одночасним зменшенням такої вільної тригідроксихоланової холевої кислоти [18], то при застосуванні L-аргініну в дозі 10 мг/кг збільшувалась концентрація дигідроксихоланових кислот (таурохенодезоксихолевої, тауродезоксихолевої, хенодезоксихолевої і дезоксихолевої). Це може свідчити про дозозалежний вплив L-аргініну на такі метаболічні перетворення жовчних кислот, як гідроксилування та кон'югація.

#### ВИСНОВОК

Таким чином, L-аргінін та L-NAME як при окремому їх введенні, так і при спільній дії, суттєво змінюють жовчнокислотний склад жовчі щурів, що може свідчити про участь NO в метаболічних перетвореннях і транспорті жовчних кислот до первинних жовчних каналців. Але односпрямованість виявлених нами ефектів амінокислоти і блокатора, а також лише часткове усунення впливу L-аргініну на концентрації деяких жовчних кислот при попередньому введенні L-NAME може вказувати на те, що дія L-аргініну на жовчосекреторну функцію печінки пов'язана не лише з його роллю як донора NO.

#### Список літератури

1. L-arginine reduces liver and biliary tract damage after liver transplantation from non-heart-beating donor pigs / R. Valero, J.C. Garcia-Valdecasas, M. Nieto [et al.] // *Transplantation* – 2000 – Vol.70, №5. – P. 730-737.
2. Li S.Q. Protective mechanism of L-arginine against liver ischemic-reperfusion injury in rats / S.Q. Li, L.J. Liang // *Hepatobiliary Pancreat Dis Int* – 2003. – Vol.2, №4. – P.549-52.
3. Максимович Н.Е. Аминокислота L-аргинин и перспективы её использования в клинике / Н.Е. Максимович, Д.А. Маслаков // *Здравоохранение*. – 2003. – № 5. – С. 35–37.
4. Pros and cons of L-arginine supplementation in disease / Y.L.J. Vissers, I.B.J.G. Debats, Y.C. Luiking [et al.] // *Nutrition Research Reviews*. – 2004. – V. 17. – P.193–210.
5. Beneficial effects of rutin and L-arginine coadministration in a rat model of liver ischemia-reperfusion injury / R. Acquaviva, R. Lanteri, G. Li Destri [et al.] // *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. – 2009. – Vol.296, № 3. – P. G664-70.

6. The effects of L-Arginine on liver damage in experimental acute cholestasis an immunohistochemical study / Y. Ozsoy, M. Ozsoy, T. Coskun [et al.] // *HPB Surgery*. – 2011. – Vol.2011. – P.306069, 5 pages.
7. Bruins M.J. L-arginine supplementation in pigs decreases liver protein turnover and increases hindquarter protein turnover both during and after endotoxemia / M.J. Bruins, P.B. Soeters, W.H. Lamers, N.E. Deutz // *Am J Clin Nutr*. – 2002. – Vol.75, №6. – P.1031-44.
8. Chung H.C. Increase in urea in conjunction with L-arginine metabolism in the liver leads to induction of cytochrome P450 2E1 (CYP2E1): the role of urea in CYP2E1 induction by acute renal failure / H.C. Chung, S.H. Kim, M.G. Lee, S.G. Kim // *Drug Metab Dispos* – 2002. – Vol.30, №6. – P.739-46.
9. Галкин Б.Н. Антиоксидеские свойства аргинина / Г.Б. Галкин // *Соврем.пробл. токсикол.* – 2003. – № 1. – С. 80-86.
10. Oxidative stress and enzymatic antioxidant status in patients with nonalcoholic steatohepatitis / M. Koruk, S. Taysi, M.C. Savas [et al.] // *Ann Clin Lab Sci* – 2004. – Vol.34, №1. – P.57-62.
11. Nikoli E. Nitric oxide and mitochondrial biogenesis / E. Nikoli, M.O. Carruba // *J. Cell Sci.* – 2006. – Vol.119. – P. 2855–2862.
12. Chattopadhyay P. Attenuation of mitochondrial injury by L-arginine preconditioning of the liver / P. Chattopadhyay, G. Shukla, A. Verma, A.K. Wahi // *Biofactors* – 2007. – Vol.31, №2. – P.99-106.
13. The role of L-arginine in toxic liver failure: interrelation of arginase, polyamine catabolic enzymes and nitric oxide synthase / J. Nikolic, I. Stojanovic, R. Pavlovic [et al.] // *Amino acids*. – 2007. – V. 32, №1. – P. 127–131.
14. Продукція оксиду азоту в печінці за умов впливу ацетату свинцю в експерименті // О.Л. Апихтіна, А.В. Коцюрба, І.М. Андрусишина [та ін.] – 2007. - №2. – С. 22-26.
15. Dufour JF.J. Nitric oxide blocks bile canalicular contraction by inhibiting inositol trisphosphate-dependent calcium mobilization / JF.J. Dufour, T.J. Turner, I.M. Arias // *Gastroenterology* – 1995. – Vol. 108. – P.841–849.
16. Особливості спектру жовчних кислот у людини і тварин / С.П. Весельський, М.Ю. Макарчук, П.І. Янчук [та ін.] // *Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки.* – 2007. – № 5. – С. 65–72.
17. Esteller A. Physiology of bile secretion / A. Esteller // *World J Gastroenterol.* – 2008. – V14, №37. – P.5641-5649.
18. Бондзик О.В. / Дослідження впливу L-аргініну на жовчосекреторну функцію печінки щурів // О.В. Бондзик, Е.Н. Решетник, С.П. Весельський, П.І. Янчук // *Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки*". – 2010. – №12. – С. 9-14.
19. Дмитренко Н.П. Аргинин: биологическое действие, влияние на синтез оксида азота / Н.П. Дмитренко, Т.О. Кишко, С.Г. Шандренко // *Укр.хіміотерапевтичний журнал.* – 2008. – №1–2 (22). – С.137-140.
20. Пат. 99031324 Україна, МБН А61В5/14. Спосіб підготовки проб біорідин для визначення вмісту речовин ліпідної природи / С.П. Весельський, П.С. Лященко, С.І. Костенко, З.А. Горенко, Л.Ф. Куровська. – № 33564А ; заяв. 05.10.1999 ; опубл. 15.02.2001 ; Бюл. № 1.

**Бондзик Е.В. Влияние L-аргинина на спектр холатов в желчи крыс / Е.В. Бондзик, Е.Н. Решетник, С.П. Весельский, П.И. Янчук // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С.37-43.**

В острых экспериментах на крысах исследовали влияние L-аргинина на спектр холатов в желчи, используя метод тонкослойной хроматографии. Показано, что L-аргинин (10 мг/кг, внутривенно) вызывал увеличение концентрации дигидроксихолановых свободных и конъюгированных с таурином желчных кислот (сравнительно с исходным уровнем показателей), при этом наблюдалось уменьшение концентрации гликохолевой кислоты. L-аргинин на фоне блокады NO-синтазы с помощью L-NAME (20 мг/кг) вызывал увеличение концентрации конъюгированных желчных кислот.

**Ключевые слова:** L-аргинин, желчные кислоты, L-NAME.

**Bondzyk O.V. The influence of L-arginine on the spectrum of bile acids in rat bile / O.V. Bondzyk, E.M. Resetnik, S.P. Veselsky, P.I. Yanchuk // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 37-43.**

The influence of L-arginine on the spectrum of bile acids in rat bile was investigated in acute experiments on rats with using thin-layer chromatography. It was shown that L-arginine after bolus intraportal injection in dose 10 mg/kg body weight increased the concentrations of free and conjugated with taurine dihydroxy cholates compared with baseline of concentrations. Also the concentration of glycocholic acid was decreased. In contrast, after bolus intraportal injection of NO-synthases inhibitor L-NAME (dose 20 mg/kg body weight), this amino acid decreased the concentrations of all fractions of conjugated bile acids.

**Keywords:** L-arginine, bile acids, L-NAME.

*Поступила в редакцію 11.05.2012 г.*

**УДК: 612-055.2-053.9:612.015.32/085.82/.83**

## **ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА**

***Буков Ю.А., Бурбанова О.Н.***

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

Проведены исследования липидного спектра крови и системы антиоксидантной защиты организма женщин пожилого возраста. Выявлены возрастные особенности обмена липидов. Определены возможности применения произвольного управления дыханием и физических упражнений в коррекции склеротических изменений и антиоксидантного статуса у лиц пожилого возраста.

**Ключевые слова:** женщины пожилого возраста, произвольное управление дыханием, липидный обмен.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из основных закономерностей старения организма является снижение его адапционно-регуляторных возможностей. Эти изменения носят этапный характер и вызываются многими факторами, действие которых повторяется и накапливается в течение всей жизни. Главные из них стресс, болезни, гиподинамия, различные патогенные факторы экзогенной природы [1].

Особое значение в жизнедеятельности стареющего организма отводится метаболизму липидов. В настоящее время общепризнано, что липиды выполняют структурные и барьерные функции в клетке и являются специфическими маркерами внутриклеточных процессов. Изменение состава липидов, их упорядоченности и упаковки в бислое играют важнейшую роль в процессах адаптации клеток к окружающим условиям. Модифицирующее влияние факторов окружающей среды на процессы старения обуславливает участие липидов в механизме возникновения и развития возрастных изменений в тканях людей гериатрического возраста [2].

В процессе старения в сосудистой системе человека происходит ряд структурных и функциональных изменений, которые в совокупности значительно ограничивают диапазон адапционных возможностей системы кровообращения [3].

Так, с возрастом происходит повышение уровня триглицеридов, холестерина ЛПНП, происходит своеобразная переориентация протоплазмы клетки с интенсивного синтеза белков на преимущественный синтез нейтральных жиров, что повышает риск возникновения коронарной болезни сердца и атеросклеротических изменений.

Гиперфагия и гиподинамия усиливают естественную возраст-зависимую тенденцию хронического недорасходования такого энергетического субстрата, как жирные кислоты [3, 4].

В связи с этим пристальное внимание уделяют профилактике заболеваний и связанных с ними гипокинетических расстройств, что вызывает ряд неспецифических перестроек функциональной деятельности всех органов и систем. Разумеется, оптимальным средством для предупреждения негативных последствий гипокинезии является двигательная активность [5].

Увеличению периода активной жизни может способствовать широкое использование средств оздоровительной физической культуры.

В связи с вышесказанным, **цель** данного исследования заключается в изучении эффективности комплексного применения произвольного управления дыханием и динамических упражнений в коррекции метаболических процессов и антиоксидантного статуса организма женщин пожилого возраста.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании принимали участие женщины двух возрастных групп: 20-30 лет и 60-75 лет. Обследуемые каждой возрастной группы были разделены на подгруппы в соответствии со стажем тренировочных занятий. Не тренированные молодые и пожилые женщины составили группу 1А и группу 2А соответственно, численностью по 15 человек каждая. Из тренированных обследуемых были сформированы группа 1Б (20-30 лет) и группа 2Б (60-75 лет). В каждую из подгрупп было включено по 15 женщин.

Женщины групп 1А и 2А вели привычный образ жизни и приступили к занятиям корригирующего воздействия не более 1 месяца назад. Женщинам групп 1Б и 2Б проводилось корригирующее воздействие с помощью специально подобранных упражнений в сочетании с произвольным управлением дыханием на протяжении не менее 5 лет.

Обследованные женщины занимались по разработанной методике 3 раза в неделю по 90 минут. Выполнялись специально подобранные динамические, статические упражнения, их комбинации. Произвольное управление дыханием использовалось как самостоятельный элемент в занятии, так и при сочетании с выполнением физических упражнений. Именно сочетание различных режимов работы мышц позволяло использовать преимущества методов развития силы и гибкости суставно-мышечного аппарата, применение замков усиливало влияние, меняя внутриполостное давление. Проведение в конце занятия аутотренинга с расслаблением и внутренней позитивной установкой способствовало коррекции психосоматического состояния.

Электрофотометрическим методом определяли в венозной крови процентное содержание каждой фракции липопротеидов: низкой и очень низкой плотности (ЛПНП, ЛПОНП), липопротеидов высокой плотности (ЛПВП). Холестерин, триглицериды (ТГ), холестерин в составе липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП) определяли ферментативным методом. В дальнейшем рассчитывали коэффициент атерогенности [7]. Интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) в эритроцитах крови оценивали по содержанию продуктов, реагирующих с тиробарбитуровой кислотой (ТБК). Состояние антиоксидантной системы определялось по антиокислительной активности (АОА) сыворотки крови, уровню

активности супероксиддисмутазы (СОД) в мембранах эритроцитов, каталазоподобной активности (КА) эритроцитов, содержанию цирулоплазмينا (ЦП) [6].

Полученные результаты исследований были обработаны с помощью методов математической статистики.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показателей липидного спектра крови и процессов свободнорадикального окисления у девушек и женщин пожилого возраста, имеющих различный стаж занятий по предложенной методике, позволили выявить ряд существенных изменений в состоянии антиоксидантного статуса организма и уровня липидов и липопротеидов в сыворотке крови (табл. 1).

**Таблица 1.**  
**Показатели липидного спектра крови и перекисного окисления липидов у женщин разных возрастных групп ( $X \pm Sx$ )**

Показатели	20-30 лет			60-75 лет		
	1А	1Б	Р	2А	2Б	Р
ОХС, ммоль/л	5,40±0,20	4,61±0,18	<0,05	5,99±0,17	5,4±0,15	<0,05
ЛПВП, ммоль/л	1,30±0,08	1,64±0,04	<0,01	0,97±0,08	1,43±0,05	<0,01
ЛПНП, ммоль/л	2,81±0,10	2,00±0,12	<0,01	3,75±0,17	2,8±0,20	<0,01
ТР, ммоль/л	0,73±0,06	0,55±0,04	<0,01	1,62±0,13	0,98±0,06	<0,01
ЛПОНП, ус.ед.	39,70±2,0 1	31,70±1,3 0	<0,01	56,33±1,5 5	42,80±2,10	<0,01
ИА, ус.ед.	3,00±0,17	1,85±0,09	<0,001	5,09±0,60	2,76±0,20	<0,001
КА, ммоль/л	0,34±0,02	0,47±0,05	<0,05	0,31±0,05	0,43±0,09	>0,05
ПА, ед/мгНв	0,50±0,05	0,60±0,06	>0,05	0,32±0,06	0,56±0,04	<0,01
СОД, ед/мгНв	0,50±0,10	0,64±0,07	>0,05	0,30±0,06	0,47±0,03	<0,05
ЦП, Мг/л	215,2±7,3	242,2±9,0	<0,05	204,1±8,6	236,6±2,0	<0,01
ТБК, нмоль/л	282,1±9,1	321,7±13, 8	<0,05	302,8±12, 7	324,1±10,3	>0,05

Оценивая полученные результаты, следует отметить значительные сдвиги в показателях липидного спектра крови у женщин пожилого возраста группы 2А. Уровень общего холестерина (ОХС) у них в среднем составлял 5,99±0,17 ммоль/л, что соответствует погранично повышенному уровню. Очевидно, с возрастом в

процессе старения наступают существенные изменения в обмене липидов, связанные со своеобразной переориентацией протоплазмы клетки с интенсивного синтеза белков на преимущественный синтез нейтральных жиров [2]. Накопление липидов сопровождалось нарушением соотношения в их отдельных фракциях. Так, зарегистрировано повышение уровня триглицеридов (ТГ) до  $1,61 \pm 0,13$  ммоль/л, ( $p < 0,01$ ), холестерина в составе липопротеидов низкой плотности (ЛПНП) в пределах  $3,75 \pm 0,17$  ммоль/л, ( $p < 0,01$ ), липопротеидов очень низкой плотности (ЛПОНП) примерно на 40,0%, ( $p < 0,01$ ) относительно показателей девушек группы 1А. Отмеченные изменения можно связать с усилением риска развития ИБС и атеросклеротических изменений [5,6]. На усиление процессов склерозирования сосудов указывают также низкие значения липопротеидов высокой плотности (ЛПВП), составлявшие  $0,97 \pm 0,08$  ммоль/л, ( $p < 0,01$ ) и высокие величины индекса атерогенности, которые в 1,7 раза превышали значения, отмечавшиеся у девушек.

Изменения липидного спектра крови у женщин пожилого возраста сопровождалось усилением процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ), на фоне снижения активности супероксиддисмутазы (СОД), фермента разрушающего иницирующие ПОЛ активные формы кислорода. Снижение активности СОД является типичным признаком старения [1]. Очевидно, в результате возрастных изменений кислородного режима организма и формирования участков локальной гипоксии, снижение активности СОД провоцировало нарастание количества липоперекисей. Отмечено также падение пероксидазной активности, связанной с дезактивацией липоперекисей. В этой связи особое значение приобретает участие ПОЛ в механизме патогенеза при ишемическом и гипоксическом повреждении сердца, что позволило сформулировать перекисную концепцию атеросклероза, согласно которой усиление свободнорадикального перекисного окисления способствует развитию отдельных проявлений атеросклероза [2, 3].

Применение методов произвольного управления дыханием и динамических физических упражнений способствовало коррекции метаболизма липидов в организме обследуемых. Отмечено повышение содержания ЛПВП примерно в 1,5 раза, ( $p < 0,01$ ) и снижение триглицеридов на 67,3 %, ( $p < 0,01$ ) в группе тренированных пожилых женщин (2Б) в результате систематических занятий. Выявленные сдвиги, вероятно, взаимообусловлены и связаны с усилением активности мышечной и жировой липопротеидлипазы, следствием чего явилось понижение атерогенности и повышение антиатерогенных липопротеидов [1]. Снижение ХС в атерогенных фракциях ЛПНП и ЛПОНП и коэффициента атерогенности, свидетельствовало об изменении баланса процессов анаболизма и катаболизма этих липопротеидов в сторону усиления последнего.

Таким образом, комбинирование дыхательных упражнений, направленных на произвольное управление дыханием и проприоцептивной стимуляции способствовало коррекции липидного состава крови, что снижало риск развития ИБС и атеросклероза у лиц пожилого возраста.

Помимо изменения липидного спектра крови у регулярно тренирующихся женщин пожилого возраста отмечен рост антиоксидантной защиты организма. Увеличение активности СОД примерно на 56,6%, ( $p < 0,01$ ) и пероксидазной

активности в 1,7 раза, ( $p < 0,01$ ), концентрации основного внеклеточного антиоксиданта крови церулоплазмина на 32,5 мг/л, ( $p < 0,01$ ) обеспечивало повышение ёмкости антиоксидантного резерва организма. Этот эффект может служить «сигнальным» механизмом для запуска системы антирадикальной защиты.

Таким образом, произвольное управление дыханием, сочетающееся с выполнением специальных динамических физических упражнений, обладает антисклеротическим и антиоксидантным действием.

Оценка эффективности коррекции может быть проведена также по данным корреляционного анализа. Поскольку при изменении функциональных требований к организму структурные компоненты органов и систем распределяют эту функциональную нагрузку между собой, выбирая такое количество и качество структурных компонентов, которое будет адекватным конкретным требованиям [7], что находит свое отражение в корреляционных взаимосвязях. В таблице 2 представлены значения достоверной корреляции изучаемых параметров метаболизма липидов в группах обследуемых женщин.

**Таблица 2.**

**Коэффициенты корреляции между исследуемыми параметрами метаболизма липидов у женщин разных возрастных групп ( $X \pm S_x$ )**

Показатели	20-30 лет		60-75 лет	
	1А	1Б	4А	4Б
<b>ОХС-ЛПВП</b>	+0,84	-	+0,70	-
<b>ОХС-ИА</b>	-	-	+0,70	-
<b>ЛПВП-ИА</b>	-0,68	-0,90	-	-
<b>ЛПВП-ТГ</b>	-	-0,75	+0,80	-
<b>ЛПВП-ПА</b>	-	-	-0,73	-
<b>ЛПВП-СОД</b>	-	-	-0,77	-
<b>ЛПВП-ОХС</b>	+0,84	-	-	+0,48
<b>ЛПВП-ТБК</b>	-	-	-0,61	-
<b>ЛПВП-КА</b>	-	-	-	+0,82
<b>ЛПВП-ЦП</b>	-	-0,70	-	-
<b>ЛПВП-ТГ</b>	+0,75	-	-	-
<b>ТГ-ЛПОНП</b>	+0,81	-	-	-
<b>ТГ-ТБК</b>	-0,73	-	-	-
<b>ПА-СОД</b>	+0,65	-	-	-
<b>ЦП-СОД</b>	-0,67	-	-	-
<b>ЦП-ИА</b>	-	+0,80	-	+0,78
<b>ЛПВП-ЛПОНП</b>	-	-	-	+0,80
<b>ТГ-КА</b>	-	-	-0,67	-
<b>ТГ-ПА</b>	-	-	-0,76	-
<b>ТГ-СОД</b>	-	-	-0,67	-
<b>КА-ПА</b>	-	+0,98	+0,79	-
<b>КА-СОД</b>	-	+0,97	+0,72	-
<b>ЦП-ЛПОНП</b>	-	+0,69	-	-
<b>ПА-СОД</b>	-	+0,99	+0,92	-



В группах нетренированных девушек и женщин пожилого возраста количество корреляций было одинаково. Регулярные тренировочные занятия способствовали изменению исследуемых параметров, причем коррекционный эффект был выражен в большей степени у женщин пожилого возраста. У девушек группы 1Б, где изменения были менее стойкими, число корреляций составило 12. У женщин пожилого возраста с высоким коррекционным эффектом число корреляций снизилось до 4. Таким образом, количественный анализ позволяет определить, что по мере коррекции липидного спектра крови и антиоксидантного статуса организма уменьшение числа корреляций характеризует снижение функционального напряжения за счет отбора компонентов, наиболее оптимальных для выполнения соответствующих функций.

### **ВЫВОДЫ**

1. Произвольное управление дыханием, сочетающееся с динамическими физическими упражнениями оказывает влияние на перераспределение фракций липопротеидов в крови. Понижение атерогенности и повышение антиатерогенных липопротеидов под влиянием корригирующего воздействия, способствует профилактике атеросклероза у лиц пожилого возраста.
2. Предложенная методика способствует ингибированию процессов перекисного окисления липидов у регулярно тренирующихся женщин пожилого возраста. Пероксидазная активность увеличилась в 1,7 раза, ( $p < 0,01$ ). Увеличение концентрации церулоплазмينا на 32,5 мг/л, ( $p < 0,01$ ) свидетельствовало о повышении антиоксидантной защиты организма.
3. Оценка эффективности коррекции, проведенная по данным корреляционного анализа выявила более выраженный эффект у исследуемых, регулярно тренирующихся, особенно у женщин пожилого возраста. У девушек группы 1Б, где изменения были менее стойкими, число корреляций составило 12. У женщин пожилого возраста с высоким коррекционным эффектом число корреляций снизилось до 4.

### **Список литературы**

1. Кишкун А.А. Биологический возраст и старение: возможности определения и пути коррекции: [руководство для врачей] / Кишкун А.А. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 976 с.
2. Климов А.П. Липиды, липопротеиды и атеросклероз / А.П. Климов, Н.Г. Никульчева – СПб.: Питер, 1995. – 297 с.
3. Ильницкий А.Н. Кинезотерапия при хронической терапевтической патологии в пожилом возрасте / А.Н. Ильницкий // Успехи геронтологии. – 2007. – Т.20. – №1. – С. 30-35.
4. Корпушко О.В. Гипоксия и старение / О.В. Корпушко, Л.А. Иванов – К.: Наук. думка, 1980. – 246 с.
5. Фролькис В.В. Нейротрофические механизмы старения / В.В. Фролькис // Физ. журнал. – 1984. – Т.30. – №1. – С.73-80.
6. Kostka T. Physical activity, aerobic capacity and selected markers of oxidative stress and the anti-oxidant defence system in healthy active elderly men / T. Kostka, J. Draai, S. Derthouze // Clinical Physiology. – 2000. – Vol.20, No 3. – P. 185-190.
7. Михайленко А.А. Роль корреляционных взаимосвязей в оценке функциональных возможностей иммунной системы / А.А. Михайленко, Т.А. Федотова // Иммунология. – 2000. – №6. – С. 59-61.

**Буков Ю.О. Можливості корекції ліпідного обміну у жінок похилого віку / Ю.О. Буков, О.М. Бурбанова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 44-50.**

Проведено дослідження ліпідного спектра крові і системи антиоксидантного захисту організму жінок літнього віку. Виявлено вікові особливості обміну ліпідів. Визначено можливості застосування довільного управління диханням і фізичних вправ в корекції склеротичних змін і антиоксидантного статусу в осіб похилого віку.

**Ключові слова:** жінки похилого віку, довільне керування диханням, ліпідний обмін.

**Bukov J.A. Possibilities of correction of lipid metabolism in older women / J.A. Bukov, O.N. Burbanova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 44-50.**

A study of blood lipid spectrum and antioxidant system of the body aged woman. Revealed age-related features of lipids. Determined the possibility of arbitrary control breathing and exercise in the correction of sclerotic changes and antioxidant status in the elderly.

**Keywords:** elderly women, arbitrary control respiration, lipid metabolism.

*Поступила в редакцію 14.04.2012 г.*

УДК 599.53+262.5

## КРУГЛОГОДИЧНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КИТООБРАЗНЫМИ (СЕТАСЕА) В ВОДАХ КАРАДАГСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ АКВАТОРИИ

*Гладилина Е.В.*

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

Методами береговых и судовых учетов в водах Карадага выявлены три вида китообразных: морская свинья, обыкновенный дельфин (белобочка) и афалина. Соотношение видов по числу регистраций составило соответственно 15:3:123, по числу наблюдавшихся особей 58:16:362. В 500-метровой прибрежной полосе афалина встречается в 11 раз чаще морской свиньи. Средний размер группы у морских свинок составил 4,1 особи, у белобочек – 5,3 особи, у афалин – 2,5 особи. Максимальное число животных в группе соответственно 9, 11 и 18 особей. Афалины и морские свиньи обитают в акватории Карадага круглогодично. Наиболее разнообразные типы поведения отмечены для афалин: индивидуальная и групповая охота и миграция, игра, обучение, отдых. При подходе к берегу ближе, чем на 50 м частота актов пищевого поведения достоверно выше, чем для акватории в целом. Для всех трех видов при подходе к берегу характерно проявление пищевого и миграционного поведения

**Ключевые слова:** китообразные, афалина, морская свинья, сезонное распределение, поведение, питание, миграции.

### ВВЕДЕНИЕ

В акватории Карадагского природного заповедника встречаются все 3 вида черноморских китообразных: морская свинья, или азовка (*Phocoena phocoena* (Linnaeus, 1758)), обыкновенный дельфин, или белобочка (*Delphinus delphis* Linnaeus, 1758) и афалина (*Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)). Все они занесены в Красную книгу Украины [1].

Морская свинья, или азовка, – самое мелкое китообразное региона: средние размеры взрослых особей составляют 132-145 см в Азовском море и 122-134 см в Черном море [2]. По ряду морфологических и генетических признаков выделяют черноморско-азовский подвид морской свиньи *P. p. relicta* Abel, 1905 [3–6]. Белобочка, или обыкновенный дельфин, обитающая в Черном море, относится к подвиду *D. d. ponticus* Varabasch, 1935 [7, 8], является пелагическим ихтиофагом и наиболее распространена в открытом море [9]. Черноморская афалина также выделена в отдельный подвид *T. t. ponticus* Varabasch, 1940 [10–12]. Это самый крупный и наиболее часто регистрируемый в прибрежной акватории представитель китообразных Черного моря [11, 13].

Обширные данные по изучению распределения и численности китообразных в Черном море получены в 1976-1987 гг. по итогам регулярных авиаучетов,

проводившихся АзЧерНИРО и его Одесским отделением. В Центральном районе Черного моря (куда входит изучаемый регион) частота встречаемости азовки росла в мае и июле, когда нередко отмечались группы до 15 особей, а снижалась в ноябре [14]. Афадины чаще всего регистрировались в июле и сентябре, а для ноября было характерно увеличение количества малых групп [13]. Наиболее полные сведения по поведению китообразных Черного моря в природе представлены в работах В.М. Бельковича [15, 16] по итогам работ у побережья западного Крыма.

Итоги наблюдений китообразных в водах Карадага в 1980-х – 1990-х годах подведены в статье А. В. Занина [17], а результаты наблюдений в 2006-2008 гг. обобщены Е.В. Гладиллиной с соавторами [18]. Однако недостатком обеих работ было отсутствие круглогодичной системы регулярных наблюдений по единой методике.

Целью данной работы стало круглогодичное исследование сезонного распределения, миграций, поведения китообразных в водах Карадагского природного заповедника и прилегающей акватории.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С января по декабрь 2010 года (110 полевых дней) проведены береговые и судовые наблюдения китообразных в водах Карадагского природного заповедника и прилегающей акватории. Помесячное распределение полевых дней указано ниже (рис. 1).

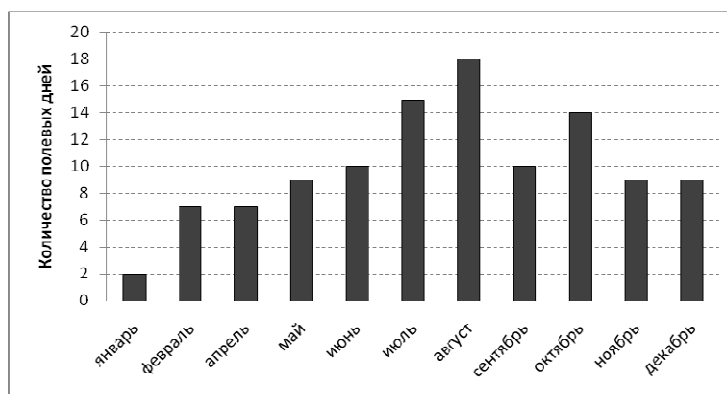


Рис. 1. Помесячное распределение дней наблюдений в 2010 году.

В ходе работы использовалась подзорная труба «Турист-П» (8-20-кратное увеличение, световой диаметр объектива 32 мм, угол поля зрения –  $5^{\circ} \pm 15''$ ; до  $2^{\circ}$  ( $+10''/-5''$ )). В качестве основных наблюдательных пунктов были выбраны набережная пгт Курортное, Актинометрический холм (высота 45 м – здесь и далее указана относительная высота над уровнем моря), бухта Биостанции, побережье между Кузьмичевым камнем (10 м) и скалой Левинсона-Лессинга, гребень хр. Карагач (335 м), обзорные площадки близ скал Чертов Камин (270 м) и Чертов Палец (370 м) (по экологической тропе), фрагмент побережья от мыса Мальчин до

мыса Тупой. Кроме того, предпринимались береговые экскурсии по маршрутам пгт Орджоникидзе – пгт Коктебель, мыс Ильи – пгт Орджоникидзе, пгт Курортное – пгт Солнечная долина и морские экскурсии по маршруту Биостанция – мыс Тупой, Биостанция – мыс Мальчин – Киногородок.

В ходе наблюдений фиксировались гидрометеорологические показатели: температура моря, воздуха, волнение, наличие или отсутствие осадков, направление ветра. При регистрации животных отмечали их видовую принадлежность, время суток, число особей в группе, приблизительное расстояние от берега (сопоставляли положение животных с известными расстояниями до ориентиров местности), факт наличия детенышей в группе, особенности поведения, взаимодействие видов между собой, а также с человеком и орудиями рыболовства. При сборе материала учитывались сведения коллег и местных жителей о встречах китообразных в исследуемой акватории. По возможности проводилась фото- и видеосъемка с помощью цифрового фотоаппарата. Данные о температуре и волнении моря почерпнуты из «Тетради метеорологических наблюдений лаборатории зоологии КаПриЗ НАНУ».

Во время исследований проводилась фото- и видеосъемка цифровыми фотоаппаратами Canon PowerShot S2 IS и Kodak Z812 IS Zoom Digital Camera.

При расчетах, связанных с числом животных в группах и удаленностью их от берега, брали минимальные значения оценки. Достоверность различий в частотах встречаемости поведенческих актов оценивали с помощью критерия хи-квадрат.

Деление суток осуществлялось таким образом: утро – с 5<sup>00</sup> до 9<sup>59</sup>, дневное время – с 10<sup>00</sup> до 15<sup>59</sup>, вечер и ночное время – с 16<sup>00</sup> до 4<sup>59</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Китообразные наблюдались в 65 из 110 полевых дней (59%). Зарегистрирована 141 встреча групп, в составе которых находилось 436 животных. Морские свиньи наблюдались в 11% регистраций, белобочки – в 2%, афалины – в 87%. Соотношение видов по количеству наблюдаемых животных – морская свинья : белобочка : афалина – 58:16:362; по количеству регистраций – соответственно 15:3:123. Наши результаты расходятся с данными о китообразных в водах Карадага за 2005 год, когда соотношение составило 14:10:46 [19], и за 2007-2008 года – 5:0:31 соответственно [18]. Таким образом, за период 2004-2010 гг. соотношение встречаемости афалин и морских свинок стабильно росло и в итоге изменилось вдвое в пользу афалин.

### 1.1. Морская свинья

С января по декабрь 2010 года было отмечено 15 регистраций групп морских свинок. Регистрации приходились на апрель (20% регистраций), май (53%), июль (20%) и декабрь (7%), что согласуется с данными отчетов по авианаблюдениям в 1976-87гг. [14]. Единственная встреча детеныша приходится на июль. Среднее число особей в группе максимально в апреле и декабре (5,0 особей), минимально в июле (2,3 особи), среднегодовое – 4,1 (медиана – 3). Эти цифры несколько выше,

чем данные, полученные для этого региона в прошлые годы [17,18]. Максимальное число животных в группе – 9. Азовки были видны на расстоянии 200 – 1200 м от берега. На расстоянии менее 500 м от берега отмечено 33% животных (7 регистраций – 47%), т.е. основное количество животных и регистраций приходится на те случаи, когда азовки были дальше, чем на 500 м от берега. Утром морские свиньи встречались в 6 регистрациях из 15 (38% от общего количества животных).

Полученные результаты согласуются с данными 2007-2008 гг. [18] и подтверждают два вывода этой работы: морские свиньи встречаются в акватории Карадага круглогодично, и средний размер их групп выше среднего в северной части Черного моря.

В поведении выделили 2 типа: пищевое и миграционное. Наблюдалась индивидуальная охота (1 случай), охота парой животных (3 регистрации) и группами от трех особей и более (3 регистрации). Максимальное число животных в группе во время охоты составило 9 особей. 22 апреля группа из 8 морских свинок активно охотилась на удалении в 600 м от берега, на траверсе Золотых ворот. Животные сначала шли двойным фронтом 4+4, затем собрались в плотную группу и начали расходиться клином, рассредоточившись по парам (2+2+2+2) на небольшом удалении друг от друга, и стали охотиться парами. Помимо пищевого поведения, отмечено миграционное. Животные мигрировали поодиночке (2 регистрации) и группами (5 регистраций). Максимальное число в группе мигрирующих азовок – 9.

### **1.2. Белобочка**

Обыкновенный дельфин, или белобочка, регистрировалась редко, что характерно для прибрежных вод региона [17,18]. В исследуемый период встречалась 3 раза – 16 особей, 3 из которых – детеныши. Один раз зарегистрирована охотящаяся группа из 8 взрослых и 3 молодых белобочек в 800 м от берега. Животные совершали различные прыжки (вертикальные, горизонтальные, с разворотами вдоль оси тела), движения были стремительные. Совершали короткие перемещения в малой акватории. Сплоченно охотились, часто появлялись синхронно. Отмечен случай, когда белобочки охотились в нескольких метрах от купающихся людей.

### **1.3. Афалина**

В течение года отмечено 123 случая наблюдения афалин, в составе которых находилось 362 животных, из них 14 детенышей. Животных отмечали круглогодично, на зиму приходится 8% регистраций, на весну – 22%, на лето – 37%, на осень – 33%. Полученные результаты согласуются с данными Ю. А. Михалева [13] по итогам авианаблюдений в 1970-80-х гг.

В акватории афалины были отмечены на удалении от 1 м до 2,5 км от берега. Отмечались случаи подхода афалин на расстояние до 5 м от человека. Большинство регистраций приходится на подходы животных к берегу ближе, чем на 500 м – 81 регистрация (66%).

Афалины встречались как одиночно, так и в группах. Группы насчитывали до 18 особей. Чаще всего регистрировались одиночные дельфины и группы из 2-3 особей – 96 регистраций, что составило 78%. Наибольшее количество регистраций приходится на группы из 2 особей – 39%. Среднее количество животных в группе составило 2,5 (при медианном значении 2). Это значение ниже, чем для данного региона за 2009 год – 3,2, хотя медианное значение в обоих случаях равно 2 [20]. Минимальный показатель среднего размера групп в ноябре – 1 особь, максимальный – в июне (4,1) (рис. 2).

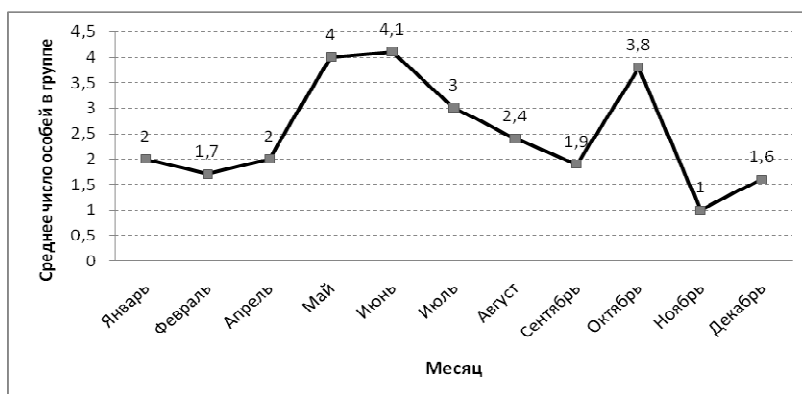


Рис. 2. Число особей в группе в зависимости от времени года.

В основном группы представлены взрослыми животными. Детеныши встречались в течение всего года: в октябре – 1, в мае – 5, в июле – 4, в октябре – 4-5. В большинстве случаев детеныши находились в группах из 2-8 животных, чаще во время охоты.

В зависимости от времени суток афалины встречались с различной частотой. Вечерние регистрации отмечены только в период с апреля по сентябрь. Это может быть связано с коротким световым днем в октябре – марте, что сокращает время наблюдений вечером. По количеству животных и регистраций максимум приходится на дневное время – 48% и 50% соответственно.

В поведении афалин выявлено пять типов [15]: пищевое (62% регистраций), миграционное (30%), игровое, обучающее и отдых (вместе – 8%). В пищевом поведении выделяли два этапа: поиск и поимку рыбы. Во время поиска движение афалин относительно спокойное, с различными по длительности дыхательными циклами, траектория движения может повторять изгибы береговой линии. Этап поимки рыбы отличается от поиска более быстрыми, стремительными движениями, скоординированностью группы, иногда можно увидеть выпрыгивающую над поверхностью воды рыбу, скопления питающихся птиц (чаек, бакланов) над дельфинами. Игровое поведение выражалось в игре взрослых особей между собой, игре детенышей со взрослыми животными, сопровождении афалинами катеров. В миграционном поведении выделялись миграции на дальние дистанции и на более короткие расстояния; второй тип зачастую связан с пищевым поведением. Обучающее поведение наблюдалось в случае присутствия в группе детеныша.

Отдых афалин происходил после или между охотами: животные перемещались медленно, компактной группой, довольно часто показываясь на поверхности.

Охоту регистрировали как индивидуальную (25% регистраций), так и групповую (группами от 2 до 13 особей). Большинство подходов к берегу ближе чем на 50 м (93%) связано с пищевым поведением; встречаемость актов пищевого поведения достоверно выше, чем в целом в акватории. При этом животные часто использовали такой прием поимки рыбы, как «атака на берег», при котором могли заходить на мель [15]. В этом случае дельфин сначала движется параллельно береговой линии, затем резко направляется к берегу, преследуя добычу. В момент поимки он переворачивается на спину, затем, возвращаясь в исходное положение, разворачивается и уходит в море.

Пищевое поведение наблюдалось на всем пространственном диапазоне регистраций афалины, но 73% регистраций приходится на случаи, когда дельфины находились на расстоянии до 500 м от берега; имеется тенденция к увеличению частоты пищевых актов при подходе к берегу ближе, чем на 500 м.

Охотясь, животные могли объединяться в более многочисленные группы (до 13-15 особей, включая детенышей), затем, разделяясь на малые группы из 2-5 особей, расходиться по акватории, и продолжать охотиться меньшими группами. В случае наличия детенышей охота чередовалась с игрой, в которой большую активность проявляли молодые особи, но и взрослые животные тоже были вовлечены в игру. Так, например, 15 октября группа из 4 афалин (2 взрослые и 2 детеныша) днем демонстрировала сначала совместную игру, в которой животные догоняли друг друга, детеныши более активно ходили вокруг взрослых, взрослые дельфины догоняли детенышей. Затем игра сочеталась с элементами охоты, при этом детеныши были задействованы в охоте. После этого охотились уже в основном взрослые афалины, а детеныши держались чуть позади.

Во время охоты афалины использовали разные приемы: догоняли рыбу, выгоняя ее к поверхности, и ловили уже в воздухе; окружали стаю с разных сторон; прижимали к другой части группы, используя напарников в качестве живой стенки; прижимали добычу к отвесным скалам. В июле – августе некоторые особи на продолжительное время задерживались в Львиной бухте, используя небольшую и довольно глубокую бухту с отвесными скалами как ловушку для рыбы.

Среди пищевых объектов выявлены пиленгас (*Liza haematocheilus*), кефаль (*Mugil* sp.), сарган (*Belone belone euxini*), атерина (*Atherina* sp.). Охотящихся животных часто сопровождали скопления птиц: чайки, бакланы. При этом поведение птиц, когда дельфины искали рыбу, отличалось от того, когда звери обнаруживали и начинали ловить добычу. Если до этапа поимки рыбы афалинами чайки были рассредоточены и сидели на поверхности воды, то во время активной охоты дельфинов чайки начинали кружить вокруг группы афалин и пикировать на воду.

В миграционном поведении, как и в охотничьем, выделялось индивидуальное и групповое: 12 и 39 регистраций соответственно. Большинство регистраций наблюдалось при удалении животных на 50 – 1000 м от берега – 33 из 51, что составило 65%.



Различия в миграционном поведении по месяцам показаны на Рисунке 3.

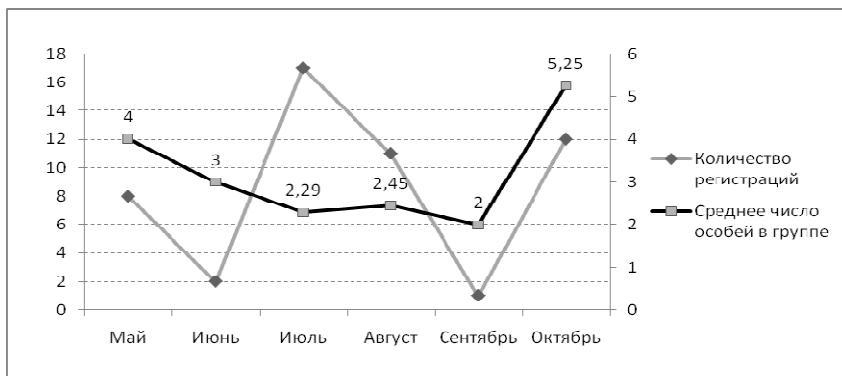


Рис. 3. Сезонное распределение миграций афалины.

Из рисунка видно, что пик регистраций миграционного поведения афалин приходится на июль – 17 случаев, а среднее число особей в группе в этом месяце почти самое низкое – 2,3. То есть, в этом месяце часто отмечались небольшие мигрирующие группы. Большие группы наблюдались в мае (в среднем 4,0 особи в группе) и октябре (5,2 особи). Возможно, это связано с приходом дельфинов из других районов.

Детеныши при миграции наблюдались три раза, в двух из них миграционное поведение сочеталось с пищевым.

За время исследований отмечались случаи одновременного присутствия в одной акватории представителей разных видов (афалина и морская свинья, афалина и белобочка). Однако никаких межвидовых взаимоотношений не зарегистрировано.

## ВЫВОДЫ

1. Вид китообразных, чаще всего встречающийся в прибрежных водах Карадагского природного заповедника и прилегающей акватории, – афалина. Афалина встречается в 6-8 раз чаще морской свиньи (в зависимости от способа учета). В пересчете на 500-метровую полосу частота встречаемости афалин по отношению к морской свинье больше в 11 раз – то есть, наблюдается тенденция к усилению ее доминирования: за 6 лет соотношение встречаемости афалин и морских свинок выросло вдвое. Среднее число афалин в группе составило 2,5 особи (медиана – 2), у морской свиньи – 4,1 особи (медиана – 3), у белобочки – 5,3 особи (медиана – 3).
2. Морские свиньи и афалины обитают в водах Карадага круглогодично. Пик встречаемости морских свинок приходится на весну, число особей в группах в последние годы проявляет тенденцию к росту. Большинство встреч афалин приходится на теплое время года, с апреля по октябрь. Детеныши афалины отмечены с февраля по октябрь. Среднее число афалин в группах в мае и октябре в полтора-два раза выше среднегодового значения, что может быть связано с появлением животных из других акваторий.

3. В поведении афалин выявлено 5 типов: пищевое, миграционное, игровое, обучающее и отдых; преобладали пищевое и миграционное – индивидуальное и групповое – поведение. Подход афалин к берегу обычно связан с пищевым поведением. Афалины используют береговую линию в приемах охоты и обучения детенышей. Регистрация актов охоты афалин в 50-метровой зоне достоверно выше, чем для акватории в целом. Миграции, как правило, совершаются на удалении 50 – 1000 м от берега.

Полученные данные показывают общие принципы пространственного сезонного распределения китообразных в акватории Карадага, основные элементы их поведения. Для получения более подробных сведений о локальном стаде афалин, обитающем в изучаемом регионе, необходимо продолжение исследований с применением фотоидентификации и судовых наблюдений, которые позволят оценить структуру, половой и возрастной состав стада, особенности индивидуального поведения

#### Список литературы

1. Червона книга України. Тваринний світ. К.: Глобалконсалтинг, 2009.– 600 с.
2. Гольдин П.Е. Систематическое положение азовки – морской свиньи (*Phocoena phocoena*) Азовского и Черного морей / П.Е. Гольдин // Морские млекопитающие Голарктики. Сб. научн. трудов. – Москва, 2004. – С. 158–163. На рус. и англ. языках.
3. Цалкин В.И. Морфологическая характеристика, систематическое положение и зоографическое значение морской свиньи Азовского и Черного морей / В.И. Цалкин // Зоол. журн. – 1938. – Т. 17, вып. 4. – С. 705–732.
4. Rosel P.E. Variability of the mitochondrial control region in populations of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, on interoceanic and regional scales / P.E. Rosel, A.E. Dizon, M.G. Haygood // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic. – 1995. – Sciences 52. – P. 1210–1219.
5. Morphological and genetic differentiation of the Black Sea harbor porpoise *Phocoena phocoena* / K.A. Viaud-Martinez, M.M. Vergara, P.E. Gol'din [et al.] // Mar Ecol Prog Ser. – Vol. 338, 2007. – P. 281-294.
6. Galatius A. Geographic variation of skeletal ontogeny and skull shape in the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) / A. Galatius, P.E. Gol'din // Canadian Journal of Zoology 89(9). – 2011. – P. 869-879.
7. Barabash I.I. *Delphinus delphis ponticus* subspecies / I.I. Barabash // n. Bull. Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody (Biology Division). – Vol. 44(5), 1935. – P. 246-249.
8. Natoli A. Molecular ecology of bottlenose (*Tursiops* sp.) and common (*Delphinus* sp.) dolphins / A. Natoli // PhD thesis. University of Durham, UK. – 2004.
9. Томилин А.Г. Звери СССР и прилежащих стран. Т.9. Китообразные / А.Г. Томилин // Изд-во АН СССР, М. – 1957. – 756 с.
10. Барабаш-Никифоров И.И. Фауна китообразных Черного моря, ее состав и происхождение / И.И. Барабаш-Никифоров // Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1940. – С. 1070-1074.
11. Клейнберг С.Е. Млекопитающие Черного и Азовского морей / С.Е. Клейнберг // Академия наук СССР – Москва, 1956. – 288 с.
12. Viaud-Martinez K.A. Genetic isolation and morphological divergence of Black Sea bottlenose dolphins / K.A. Viaud-Martinez, R.L. Brownell Jr., A. Komnenou, A.J. Bohonak // Biological Conservation. – 2008. – Vol. 141 – P. 1600-1611.
13. Михалев Ю.А. Особенности распределения афалины, *Tursiops truncatus* (Cetacea), в Черном море / Ю.А. Михалев // Vestnik zoologii, 39(3). – 2005. – С. 29–42.
14. Михалев Ю.А. Особенности распределения морской свиньи, *Phocoena phocoena relicta* (Cetacea), в Черном море / Ю.А. Михалев // Vestnik zoologii, 39(6). – 2005. – С. 25–35.
15. Белькович В.М. Поведение и биоакустика дельфинов / Белькович В.М. – М : ИОАН СССР, 1978. – 199 с.

16. Белькович В.М. Поведение и биоакустика китообразных / Белькович В.М. – М : ИОАН СССР, 1987. – 220 с.
17. Занин А.В. Морские млекопитающие / А.В. Занин / Аннотированные списки морской флоры и фауны // Карадаг. Гидробиологические исследования : Сб. науч. Тр., посвящ. 90-летию Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского и 25-летию Карадагского природного заповедника НАН Украины. – Книга 2. – Симферополь : СОНАТ, 2004. – С. 466–467.
18. Гладиліна Е.В. Современное состояние китообразных в водах Карадагского природного заповедника / Е.В. Гладиліна, О.В. Кукушкин, П.Е. Гольдин // Сборник научных трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию КаПриЗа НАНУ/ Ред. А.В. Гаевская, А.Л. Морозова. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – С. 407–412.
19. Занин А.В. Отчет о регистрации морских млекопитающих и развитии НССК в зоне ответственности опорного пункта, созданного в Карадагском природном заповеднике НАН Украины / А.В. Занин, И.С. Сыченникова // 2005. – 9 с. (рукопись)
20. Гладиліна Е.В. Встречаемость и некоторые особенности поведения китообразных в водах Карадагского заповедника и прилегающей акватории в 2009 году / Е.В. Гладиліна // НАН Украины. Карадагский природный заповедник. Летопись природы. 2009 год. – Т. XXVI. – в печати.

**Гладиліна О.В. Спостереження за китоподібними (Cetacea) у водах Карадазького природного заповідника і прилеглої акваторії. 2010 рік / О.В. Гладиліна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 51-59.**

Методами берегових і суднових обліків у водах Карадагу виявлено три види китоподібних: морська свиня, звичайний дельфін (білобочка) і афаліна. Співвідношення видів за кількістю реєстрацій склало відповідно 15:3:123, по числу особин спостерігалось 58:16:362. У 500-метровій прибережній смузі афаліна зустрічається в 11 разів частіше морської свині. Середній розмір групи у морських свиней склав 4,1 особини, у білобочок - 5,3 особини, у афалін - 2,5 особини. Максимальне число тварин в групі відповідно 9, 11 і 18 особин. Афаліни і морські свині живуть в акваторії Карадагу цілий рік. Найбільш різноманітні типи поведінки відзначені для афалін: індивідуальне та групове полювання та міграція, гра, навчання, відпочинок. При підході до берега ближче, ніж на 50 м частота актів харчової поведінки достовірно вище, ніж для акваторії в цілому. Для всіх трьох видів при підході до берега характерно проявлення харчової і міграційної поведінки.

**Ключові слова:** китоподібні, афаліна, морська свиня, сезонний розподіл, поведінка, харчування, міграції.

**Gladilina E.V. Observations of Cetaceans (Cetacea) in the waters of Karadag nature reserve and the adjacent waters. 2010 / E.V. Gladilina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 51-59.**

Three cetaceans species are registered in the waters of the Karadag Nature Reserve are harbor porpoise, common dolphin and bottlenose dolphin. The registrations ratio is 15:3:123, the persons ratio is 58:16:362. Bottlenose dolphins register in the distance from the coast less than 500 m by 11 time more often harbor porpoise. The average group size harbor porpoise are 4,1 persons, common dolphin are 5,3 persons, bottlenose dolphin are 2,5 persons. The maximum group size respectively are 9, 11 and 18 persons. Bottlenose dolphins and harbor porpoises live in the waters of Karadag whole year. The most different behaviour observed for bottlenose dolphins are individual and group feeding and migration, playing, training, resting. Coming closer 50 m to the cost the feeding behaviour acts frequency is authentically higher than for the area as a whole. The demonstration of feeding behaviour and migrations coming to the coast characteristically for the all three species.

**Keywords:** cetaceans, bottlenose dolphin, harbor porpoise, seasonal distribution, behaviour, feeding, migration.

*Поступила в редакцію 12.04.2012 г.*

**УДК 615.851.82:616.8-009.11-053.2-036.8**

## **ПРИМЕНЕНИЕ АРТ-ТЕРАПИИ И ФИТОТЕРАПИИ В КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ, БОЛЬНЫХ ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧЕМ**

*Грабовская Е.Ю., Евсеева Н.А.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: grabovskaya13@mail.ru*

Изучено влияние комплексной реабилитации на изменение показателей, характеризующих состояние опорно-двигательного аппарата и психоэмоционального статуса детей в возрасте 5-8 лет с детским церебральным параличом. Показано, что включение в реабилитационную программу элементов арт-терапии и фитотерапии приводит к более эффективному восстановлению координационных способностей, ловкости, мелкой моторики, улучшению психоэмоционального статуса детей с детским церебральным параличом.

**Ключевые слова:** детский церебральный паралич, арт-терапия, фитотерапия, координационные способности, мелкая моторика пальцев кисти, психоэмоциональный статус.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема детского церебрального паралича (ДЦП) является одной из актуальных проблем детской ортопедии и невропатологии. Это обусловлено, с одной стороны, значительной распространенностью ДЦП и не всегда своевременной диагностикой, с другой стороны – недостаточной эффективностью имеющихся в «арсенале» большинства детских специалистов методов лечения и реабилитации таких больных. ДЦП является самой распространенной причиной детской инвалидности, среди которых на первом месте – заболевания нервной системы. Заболеваемость ДЦП в различных странах колеблется от 1 до 8 случаев на 1000 населения. Из них спастическая диплегия составляет 45-50%, двойная гемиплегия 15-20%, гемипаретическая форма 20-25% и гиперкинетическая 15-20% [1]. У детей со спастической диплегией нарушено формирование двигательных и психических функций. Данная форма характеризуется двигательными нарушениями в верхних конечностях (легкая моторная неловкость при дифференцированных движениях) и в нижних конечностях (вынужденное положение, при котором бедра повернуты внутрь, колени прижаты друг к другу, при ходьбе перекрещивание ног при опоре на пальцы, нарушается осанка). Нарушение психических функций характеризуется относительно легкими психическими расстройствами непсихотического типа.

Одним из важнейших методов лечения ДЦП является физическая реабилитация, которая, как правило, начинается еще в первые годы жизни ребенка,

сразу после установления диагноза. При этом применяют комплексы упражнений, направленные на две важные цели – не допустить ослабления и атрофии мышц вследствие недостаточного их использования и избежать контрактур, при которых напряженные мышцы становятся малоподвижными и фиксируются в патологическом положении [2, 3]. Восстановление двигательных и психоэмоциональных функций у детей со спастической диплегией включает в себя разнообразные средства реабилитации – лечебную гимнастику с элементами игровой терапии, массажные процедуры, элементы арт-терапии и фитотерапии. Довольно мощным фактором для «запуска» двигательной деятельности может стать потребность ребенка в самовыражении, самоутверждении, для реализации которой дети широко используют творчество. Поэтому среди современных возможностей совершенствования реабилитационных технологий особое внимание уделяется арт-терапии [4]. Арт-терапия – это лечение с помощью привлечения ребенка к искусствам. При этом ребенок учится общаться с окружающим миром на уровне экосистемы, используя изобразительные, двигательные и звуковые средства. Он имеет возможность самостоятельно высказывать свои чувства, потребности и мотивацию своего поведения, деятельности и общения, необходимые для полноценного развития и приспособления к окружающей среде.

В связи со всем вышесказанным, **целью** настоящего исследования явилось изучение эффективности применения арт-терапии в комплексной реабилитации детей с детским церебральным параличом.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было обследовано 24 ребенка (мальчики и девочки 5-8 лет) с диагнозом «спастическая диплегия легкой степени тяжести». Обследуемые были разделены на две группы, по 12 детей в каждой: 1 группа (основная), 2 группа (контрольная). В первый и сорок четвертый день наблюдений дети основной и контрольной группы были обследованы с определением следующих показателей: оценка двигательных возможностей - координация движений (количество пойманных мячей), равновесие (время сохранения определенного положения), ловкость, меткость (количество попаданий мячом в цель), психологических возможностей – уровень тревожности, образно-логического мышления, умственных операций, тонкой моторики.

В течение 44 дней обследуемые контрольной группы проходили общепринятый курс комплексной реабилитации, включающий курс массажа, лечебной гимнастики (ЛГ) и психологической коррекции [5]. В основной группе дополнительно в комплекс ЛГ были включены специальные упражнения, позволяющие не только снизить патологическую рефлекторную активность, улучшить кровообращение, но и способствующие улучшению дыхания, коррекции осанки, установки стоп, развитию мелкой моторики кисти, развитию координации движений и равновесия. Помимо ЛГ использовались другие виды коррекции: игровая терапия (применение игр для двигательной и психологической коррекции) [6], различные виды массажа (классический, точечный, сегментарный), арт-терапия [4] (с использованием элементов рисования, аппликации и лепки) и фитотерапия [7] (применение лекарственных растений в виде фитованн и соков).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате применения комплексной реабилитации у детей, больных детским церебральным параличом, в основной группе произошли изменения следующих показателей: координации движений увеличилась на 47,5% ( $p \leq 0,01$ ); статическое равновесие возросло на 27,7% ( $p \leq 0,01$ ); ловкость и меткость увеличились на 28,7% ( $p \leq 0,01$ ); показатель тонкой моторики улучшился на 91,6% ( $p \leq 0,001$ ); уровень тревожности снизился на 21,8% ( $p \leq 0,001$ ); показатель образно-логического мышления, анализа и обобщения улучшился на 69,4% ( $p \leq 0,001$ ) (рис.1-А, рис.2-А, рис.3-А).

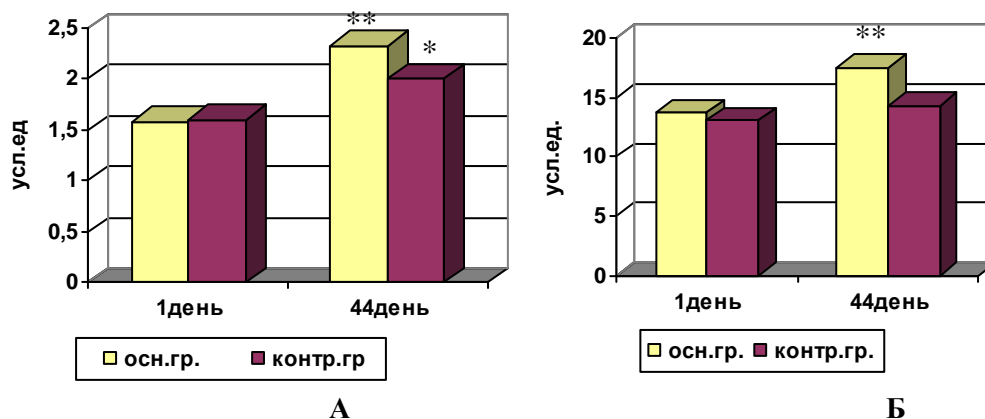


Рис.1. Динамика показателей координации движений (усл. ед., А) и статического равновесия (усл. ед., Б) у детей, больных детским церебральным параличом, в основной и контрольной группах в течение курса реабилитации.  
достоверность различий: \* -  $p \leq 0,05$ ; \*\* -  $p \leq 0,01$

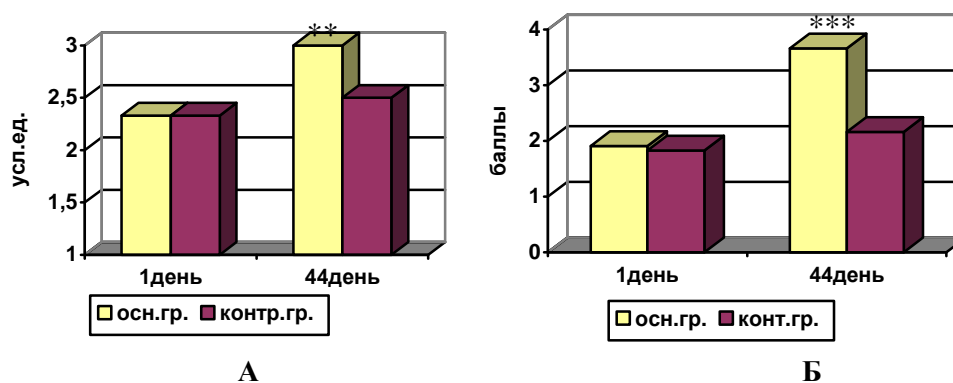


Рис.2. Динамика показателей ловкости и меткости (усл. ед., А), тонкой моторики (баллы, Б) у детей, больных детским церебральным параличом, в основной и контрольной группах в течение курса реабилитации.  
\*\* - достоверность различий  $p \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $p \leq 0,001$ ;

В контрольной группе после применения курса реабилитации также произошли изменения следующих показателей: координации движений на 25% ( $p \leq 0,05$ ); статического равновесия на 10% ( $p > 0,05$ ); ловкости и меткости на 7,3% ( $p > 0,05$ ); тонкой моторики на 16% ( $p > 0,05$ ); психоэмоционального состояния и уровня тревожности на 19,7% ( $p \leq 0,001$ ); образно-логического мышления, анализа и обобщения на 36,6% ( $p \leq 0,001$ ) (рис.1-Б, рис.2-Б, рис.3-Б).

Сравнительный анализ полученных данных свидетельствует о существенном различии показателей основной и контрольной групп к концу курса комплексной реабилитации.

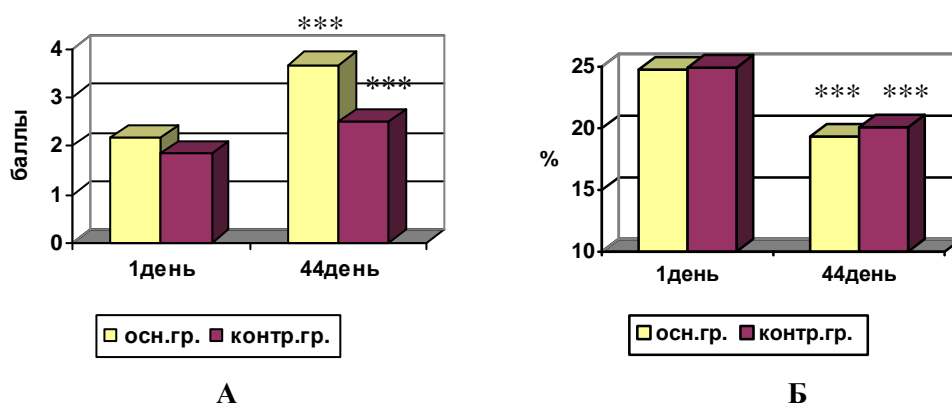


Рис.3. Динамика показателей образно-логического мышления, анализа и обобщения (баллы, А), уровня тревожности (%), основной и контрольной групп в течение курса реабилитации; \*\*\* - достоверность различий  $p \leq 0,001$ ;

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что детские церебральные параличи, а в частности, спастическая диплегия, подлежат комплексной и длительной реабилитации для максимально возможного восстановления нарушенных функций. При проведении комплексных реабилитационных мероприятий у детей в основной и контрольной группах наблюдались положительные сдвиги в характере и течении заболевания. Можно предположить что, в первую очередь, улучшение показателей произошло вследствие комплексного применения лечебной гимнастики, в основе которой лежит выработка двигательного стереотипа и обеспечение максимальной подвижности. Специальные упражнения направлены на восстановление локомоторного аппарата, коррекцию порочных поз и положений на основе нормализации мышечного тонуса, снижения патологической активности стволовых антигравитационных механизмов. Ряд авторов [8] считают, что восстановление происходит путем нормализации взаимоотношений между двигательными анализаторами и их корковыми и подкорковыми центрами. Занятия лечебной гимнастикой также способствовали улучшению дыхательной функции, нормализации обменных процессов и кровообращения в пораженных отделах организма. По мнению [9] использование лечебной гимнастики в сочетании с игровой терапией способствовало обучению и коррекции нарушенных двигательных функций и улучшению психоэмоционального состояния: формированию

манипулятивной деятельности и подготовки рук к письму, развитию зрительно-моторной координации, улучшению образно-логического мышления, пространственных и временных представлений. Восстановление произошло путем подбора специальных игр, воздействующих на патологически развитые отделы.

Применение массажа способствовало снижению рефлекторной возбудимости мышц с повышенным тонусом, повышению работоспособности и выносливости мышц, улучшению трофики и функций суставов и связочного аппарата. Эти изменения произошли вследствие рефлекторного влияния на функциональное состояние нервной системы. При стимуляции функциональной активности разгибателей туловища и конечностей происходит торможение антагонистов-сгибателей, что улучшает реципрокные взаимоотношения мышц-антагонистов [5].

Одним из средств реабилитации, способствующим нормализации психических, двигательных функций и улучшению психоэмоционального состояния детей является арт-терапия. Как считают [4, 10] арт-терапия предоставляет ребенку возможность проигрывать, переживать, осознавать какую-либо проблему наиболее удобным для его психики способом, позволяют «глубоко погружаться» в проблему. Восстановление нарушенных функций происходит путем взаимосвязей между работой мелкой мускулатуры и нервными центрами, отвечающими за психические и двигательные функции. Применение фототерапии, как еще одного дополнительного метода комплексной реабилитации, и, в частности, использование отваров, настоев и фитованн, способствует общему расслаблению организма, оказывает тонизирующее или седативное действие на центральную нервную систему, улучшает мозговое кровообращение, кровообращение в пораженных участках, снижает спастические движения [7, 11].

В результате применения в реабилитационном комплексе арт-терапии и фототерапии получены более существенные положительные изменения в функциональном состоянии детей в основной группе. Так, в основной группе были существенно выше по сравнению с контрольной группой следующие показатели: координация движений – на 22,5% ( $p \leq 0,01$ ); статическое равновесие – на 17,7% ( $p \leq 0,01$ ); ловкость и меткость – на 21,4% ( $p \leq 0,01$ ); тонкая моторика – на 73,6% ( $p \leq 0,001$ ); психоэмоциональное состояние и уровень тревожности – на 2,1% ( $p > 0,05$ ); образно-логическое мышление, анализ и обобщение – на 32,8% ( $p \leq 0,001$ ).

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют об эффективности применения арт-терапии и фитотерапии в комплексной реабилитации детей дошкольного возраста, больных детским церебральным параличом.

## ВЫВОДЫ

1. Применение комплексной реабилитации в лечении детей, больных детским церебральным параличом, в основной и контрольной группах привело к улучшению показателей, характеризующих функциональные возможности опорно-двигательного аппарата, психоэмоциональное состояние, когнитивные функции.
2. Применение в комплексной реабилитации детей дошкольного возраста с детским церебральным параличом арт-терапии и фитотерапии оказало, в первую очередь, положительное влияние на состояние центральной нервной системы,



функцию опорно-двигательного аппарата, что проявилось в улучшении показателей, характеризующих образно-логическое мышление, способность к анализу и обобщению, а также тонкой моторики кисти.

3. Введение в реабилитационную программу детей со спастической диплегией в основной группе арт-терапии и фитотерапии привело к более выраженной положительной динамике функционального состояния.

### Список литературы

1. Штеренгерц А.Е. Лечение и реабилитация детей с церебральными параличами / А.Е. Штеренгерц, И.В. Галина. – Киев: Здоровье, 1990. – 140 с.
2. Верхлин В.Н. Комплекс упражнений для детей с детским церебральным параличом / Верхлин В.Н. // Воспитание и обучение детей с нарушениями развития. – 2004. – № 4. – с. 68-71.
3. Заикина Г.Т. Обзор методов физической реабилитации детей с церебральным параличом / Заикина Г.Т. – Набережные Челны: Медицина, 2006. – 267 с.
4. Дутка С.В. Арт-терапевтические занятия для детей с ДЦП / Дутка С.В. – Одесса: Просвещение, 2007. – 100 с.
5. Дедюхина Г.В. Массаж и лечебная физкультура с детьми, страдающими детским церебральным параличом / Г.В. Дедюхина, Т.А. Яньшина. – Москва: ГНОМ и Д, 2000. – С. 32-45.
6. Соколова Э.А. Оценка психических функций у детей с церебральным параличом / Соколова Э.А. – Гомель: Медицина, 2008. – 90 с.
7. Пашинский В.Г. Лечение травами / В.Г. Пашинский, П.Н. Веселин. – Львов: Наука, 1998. – 144 с.
8. Ефименко Н.Н. Содержание и методика занятий физкультурой с детьми, страдающими церебральным параличом / Н.Н. Ефименко, Б.В. Сермеев. – М.: Советский спорт, 1999. – 55 с.
9. Никитина М.Н. Основы лечебной гимнастики при детских церебральных параличах / Никитина М.Н. – Киев: Здоровье, 2000. – 99 с.
10. Суриков И.А. Арт-терапия как вид психологической коррекции детей с детским церебральным параличом / Суриков И.А. – М.: Медицина, 2000. – 120 с.
11. Петков В.С. Современная фитотерапия / Петков В.С. – София: Медицина и физкультура, 1998. – 616 с.

**Грабовська О.Ю. Застосування арт-терапії та фітотерапії в комплексній реабілітації дітей, хворих дитячим церебральним паралічем / О.Ю. Грабовська, Н.О. Євсєєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 60-65.**

Вивчено вплив комплексної реабілітації на зміну показників, що характеризують стан опорно-рухового апарату та психоемоційного статусу дітей у віці 5-8 років з дитячим церебральним паралічем. Показано, що включення в реабілітаційну програму елементів арт-терапії та фітотерапії приводить до більш ефективного відновлення координаційних здібностей, спритності, дрібної моторики, поліпшенню психоемоційного статусу дітей з дитячим церебральним паралічем.

**Ключові слова:** дитячий церебральний параліч, арт-терапія, фітотерапія, координаційні здібності, дрібна моторика пальців кисті, психоемоційний ста.

**Grabovskaya E., Evseeva N.A. Application of art therapy and phytotherapy in the complex rehabilitation of children with cerebral palsy / E. Grabovskaya, N.A. Evseeva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 60-65.**

The effect of comprehensive rehabilitation of the change indicators characterizing the state of the musculoskeletal system and the emotional status of children aged 5-8 years with cerebral palsy. It is shown that the inclusion of items in the rehabilitation program of art therapy and herbal medicine leads to more effective recovery coordination abilities, dexterity, fine motor skills, improve mental and emotional status of children with cerebral palsy.

**Keywords:** cerebral palsy, art therapy, herbal medicine, coordination skills, fine motor skills fingers, psychoemotional status.

*Поступила в редакцію 12.05.2012 г.*

**УДК 616.36-018.7**

## **ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Н-РЕФЛЕКСА ПОД ВЛИЯНИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

*Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н., Заячникова Т.В.*

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

Исследовано изменение показателей Н-рефлекса под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) при электронейромиографическом исследовании состояния нейромоторного аппарата нижних конечностей человека. Показано, что под влиянием ЭМИ КВЧ амплитуды минимального и максимального Н-рефлекса уменьшаются, а порог возникновения Н-рефлекса увеличивается относительно фоновых значений, что свидетельствует об ослаблении ноцицептивных влияний и (или) усилении антиноцицепции.

**Ключевые слова:** низкоинтенсивное электромагнитное излучения крайне высокой частоты, Н-рефлекс, амплитуда, порога возникновения Н-рефлекса.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что Н-рефлекс – это моносинаптический рефлекторный ответ моторных единиц исследуемой мышцы на электрическую стимуляцию ее низкороговых афферентных нервных волокон, широко используемый в функциональной диагностике заболеваний нервной системы [1, 2].

В различных исследованиях показано, что Н-рефлекс, отражая состояние различных отделов нервной системы, позволяет не только уточнить некоторые тонкие механизмы функционирования ноцицептивной и антиноцицептивной систем, но и вооружает объективными критериями диагностики болевого синдрома [3]. Однако данный метод, несмотря на высокую информативность и объективность, до сих пор не получил широкого применения в экспериментальной физиологии.

Не вызывает сомнения тот факт, что в реализации биологического эффекта низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокочастотного (КВЧ) диапазона принимает участие нервная система. Целый ряд экспериментов, проведенных в острых и хронических опытах на животных, продемонстрировал высокую чувствительность различных элементов нервной системы к ЭМИ КВЧ [4 - 6]. В исследованиях на крысах после перерезки седалищного нерва и наложения микрохирургического шва, установлено, что воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на кожную поверхность области операции стимулирует регенеративные процессы в нерве [7]. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ широко используется в физиотерапевтической практике для лечения невралгии. В частности, получен

положительный клинический эффект (уменьшение частоты и интенсивности приступов) у пациентов, страдающих невралгией тройничного нерва, при КВЧ-терапии на кожную проекцию мест выхода ветвей тройничного нерва [8].

Нашими экспериментальными исследованиями [9] показано, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ у практически здоровых испытуемых снижает состояние эмоциональной напряженности, тревожности, создает оптимальный баланс между возбуждением и торможением ЦНС, увеличивает объемы памяти и внимания, что свидетельствует об улучшении текущего психоэмоционального состояния. Этот физический фактор обладает и ярко выраженной антиноцицептивной активностью в отношении болевых синдромов различной этиологии у животных [10]. Однако влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на нейромоторный аппарат человека не изучен, что представляется актуальным.

В связи с этим, целью данной работы явилось исследование изменений показателей Н-рефлекса под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) при электронейромиографическом исследовании состояния нейромоторного аппарата нижних конечностей человека.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть была проведена на 20 студентах-волонтерах в возрасте 18-19 лет. Половой состав испытуемых был следующим: лиц мужского пола — 5 (25%), лиц женского пола — 15 (75%). Все обследуемые на момент исследования не имели травм и отрицали наличие в прошлом заболеваний, которые могли повлиять на состояние центральной нервной системы. Отбор проводился на основании неврологического обследования врача-невропатолога Центра коррекции функционального состояния человека при Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского.

Все данные, представленные в работе, получены на оборудовании «Нейрон-Спектр-6» (фирма "НейроСофт", Россия, г. Иваново), с использованием компьютерного электронейромиографа "Нейро-МВП-4". (Свидетельство о поверки № 064292 от 28.12.2011 г., разрешение на использование № 2303 от 12.03.2008 г.).

Н-рефлекс является эквивалентом ахиллова рефлекса и в норме у взрослых людей определяется в мышцах голени (икроножной и камбаловидной) при стимуляции большеберцового нерва в подколенной ямке или в четырехглавой мышце бедра при стимуляции бедренного нерва под пупартовой связкой.

Н-рефлексометрию проводили по общепринятой методике [11]. Исследуемый находился в положении лежа на животе со спущенными с края кушетки стопами. Под голеностопные суставы подкладывали валик таким образом, чтобы голень была согнута на 20-30° во избежание рефлекса растяжения мышц голени [2]. Регистрирующие электроды располагали на медиальной головке икроножной мышцы. Активный электрод на икроножной мышце фиксировали в двигательной точке ее медиальной головки, референтный – на 3-4 см дистальнее, заземляющий – располагали между стимулирующим и отводящим электродом (рис. 1).

Стимуляция Н-рефлекса в подколенной ямке проводилась монополярным электродом (катод располагали на уровне складки сгиба по средней линии в

подколенной ямке, анод – на надколеннике для того, чтобы направление движения силовых линий тока было равномерно и перпендикулярно нерву).

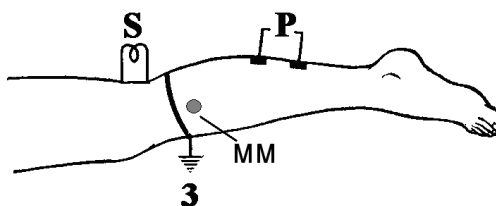


Рис. 1. Схема наложения электродов для регистрации Н-рефлекса, где S – стимулирующие электроды, P – регистрирующие электроды, З – заземляющий электрод, MM- область воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на иолигическую активную точку E-36.

Регистрация проводилась в режиме записи программы пробы Н-рефлекса. Диапазон усиления Н-рефлекса при проведении анализа от 250 мкВ/дел до 2,5 мВ/дел. Диапазон усиления М-ответа при анализе составил от 500 мкВ/дел до 50 мВ/дел. Развертка для М-ответа и Н-рефлекса использовалась единая. Диапазон развертки составил от 0,5 мс/дел до 20 мс/дел.

Для ускорения нахождения оптимальной точки стимуляции и поиска максимальной амплитуды Н-рефлекса частота стимуляции составляла 0.5-1.0 Гц, однако при дальнейшей тестовой стимуляции с определением амплитуды и латентности Н-рефлекса частота изменялась на 1 стимул в 10 секунд (0.1 Гц). Интенсивность стимула постепенно увеличивали с установленным исследователем интервалом от подпорогового до супрамаксимального.

Для анализа Н-рефлекса использовали следующие показатели:

1. Амплитуда Н-рефлекса. Величина данного показателя прямо пропорциональна количеству и степени синхронизации вовлекаемых в возбуждение двигательных единиц, определяется количеством мотонейронов, отвечающих на афферентное раздражение, и количеством волокон Ia типа, проводящих его. При постепенном увеличении интенсивности раздражения вначале отмечалось появление Н-рефлекса минимальной амплитуды (Hmin), а при дальнейшем нарастании силы раздражения, наряду с ростом амплитуды Н-рефлекса, определялось появление моторного (М) ответа, который является прямым мышечным ответом на электрическую стимуляцию нерва. Регистрировали также максимальную амплитуду Н-рефлекса (Hmax). По мере все большего роста М-ответа, амплитуда Н-рефлекса начинала снижаться вплоть до полного угнетения. По данным ряда авторов, это явление связывают, во-первых, с развитием в афферентных волокнах блокады рефлекторного разряда альфа-мотонейронов восходящим антидромным залпом от прямой электрической стимуляции нерва, во-вторых, с усилением пресинаптического торможения афферентов группы Ia, развитием возвратного и автогенного торможения мотонейронов [12, 13] (рис. 2).

2. Порог возникновения Н-рефлекса – минимальная сила тока, при которой появляется Н-рефлекса. Показано, что данный показатель зависит от количества

вовлекаемых в возбуждение чувствительных Ia волокон, достаточного для раздражения мотонейронов, и способностью нейронов спинного мозга к моторному ответу при получении афферентных импульсов. [14].

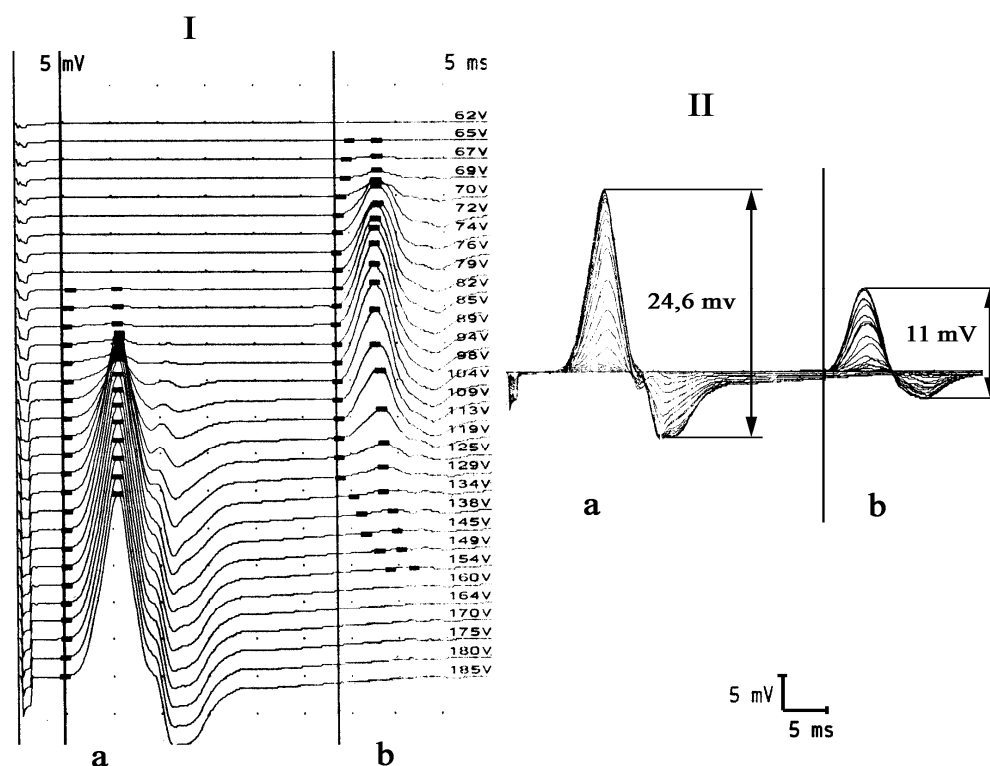


Рис. 2. Н-рефлекс в икроножной мышце при разной силе раздражения: I – режим разведения ответов, II – режим наложения ответов (суперпозиция), а – М-ответ, б – Н-рефлекс.

Воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ проводилось в течение 9-ти суток с помощью терапевтического генератора «КВЧ. РАМЕД-ЭКСПЕРТ – 01» (регистрационное свидетельство № 783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине), экспозиция – 30 минут. Поскольку в работе С.О. Гуляра и Ю.П. Лиманского [15] сформирована гипотеза, в которой точки акупунктуры рассматриваются как рецепторы, воспринимающие ЭМИ для дальнейшего транспорта в разные ткани и органы, то была выбрана локализация воздействия – биологически активная точка Е-36 правой ноги. Выбор этой точки обусловлен ее рефлексогенным, общеукрепляющим и стимулирующим действием на организм [16]. Кроме того, в наших [10] и других исследованиях [17] показано, что существует функциональная асимметрия, связанная с тем, что биологические эффекты ЭМИ КВЧ более выражены при

воздействию на правую руку (правую ногу), что и послужило причиной воздействия именно на биологически активную точку правой ноги.

Обработка данных осуществлялась с применением статистической программы «STATISTICA ver. 6.0» и электронных таблиц Microsoft@Excel-2003. Проводилась оценка вида распределения параметров, расчет средних данных, стандартного отклонения. Для определения статистической значимости наблюдавшихся различий использовали непараметрический критерий Вилкоксона. Анализ полученных данных проводился в несколько этапов. На первом этапе делали расчеты по каждому параметру исследуемого нерва. На втором этапе оценивали достоверность различия показателе, зарегистрированных на правой и левой сторонах по каждому нерву с расчетом допустимого значения разности.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Изменение амплитуды Н-рефлекса под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ

Как показали результаты исследования, у испытуемых в норме показатели амплитуды  $H_{min}$  и  $H_{max}$  для правой ноги составляли  $1,67 \pm 0,28$  мВ и  $4,13 \pm 0,70$  мВ, для левой ноги -  $1,46 \pm 0,19$  мВ и  $5,40 \pm 0,88$  мВ соответственно (рис. 3). Полученные данные согласуются с литературными данными. Так, в работах В.К. Решетняк и др. [18] показано, что амплитуда Н-рефлекса может варьировать в пределах 1,49-7,16 мВ, при этом ее величина не коррелирует с возрастом ( $R = -0,0535$ ).

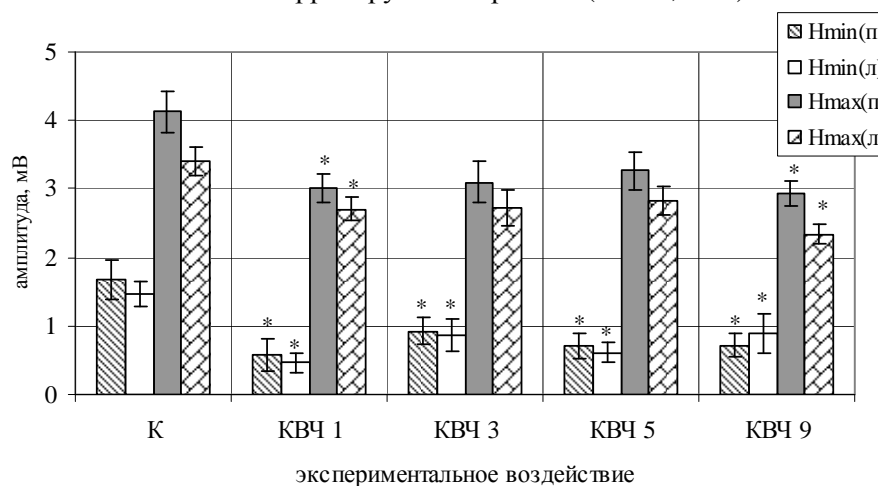


Рис. 3. Изменение амплитуды минимального ( $H_{min}$ ) и максимального ( $H_{max}$ ) Н-рефлекса правой (п) и левой (л) ноги у испытуемых до (К) и во время девятикратного воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (КВЧ).

*Примечание:* \* - достоверность результатов по сравнению с контрольными значениями, зарегистрированными до КВЧ-воздействия (К).

После воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечалось уменьшение амплитуды тестируемого Н-рефлекса икроножной мышцы существенно уменьшалось по

сравнению со значениями показателя, зарегистрированными до КВЧ- воздействия. Так, после однократного КВЧ-воздействия показатели амплитуды  $H_{min}$  и  $H_{max}$  уменьшилась на 65,25% ( $p < 0,05$ ) и 47,72% ( $p < 0,05$ ) для правой ноги и 68,20% ( $p < 0,05$ ) и 49,80% ( $p < 0,05$ ) для левой ноги соответственно относительно контрольных фоновых значений. После трехкратного воздействия ЭМИ КВЧ амплитуды  $H_{min}$  и  $H_{max}$  для правой ноги были ниже на 44,43% ( $p < 0,01$ ) и 25,06% ( $p < 0,05$ ), для левой ноги – на 40,12 % ( $p < 0,01$ ) и 29,53% ( $p > 0,05$ ) относительно фоновых значений (рис. 3). На пятые сутки воздействия ЭМИ КВЧ отмечалось также достоверное уменьшение амплитуды  $H_{min}$  и  $H_{max}$  правой ноги (на 58,21%,  $p < 0,01$ ) относительно контрольных значений. На девятые сутки КВЧ-воздействия уменьшение амплитуды  $H_{min}$  и  $H_{max}$  составляла в среднем 35,60 % ( $p < 0,05$ ) и 30,21% ( $p < 0,05$ ) для правой и левой ног соответственно относительно таковых до воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (рис. 3).

Таким образом, под влиянием курсового воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечается уменьшение минимальной и максимальной амплитуды Н-рефлекса, достоверно выраженного после одно- и девятикратного КВЧ-воздействия.

Показано, что амплитуда Н-ответа определяется состоянием  $\alpha$ -мотонейронов и уровнем пресинаптического торможения афферентов 1а [19]. Считают, что амплитуда Н-рефлекса значительно увеличивается при активации ноцицептивных нейронов задних рогов спинного мозга повреждающими импульсами [20]. В работах И.Н Плещинского и др. [21] показано, что чем выше амплитуда Н-рефлекса, тем, следовательно, больше возбудимость мотонейронов спинного мозга и тем большее число мотонейронов участвует в реализации этого ответа. Снижение же амплитуды Н-рефлекса связано с дисперсией возбуждающего разряда, идущего по сенсорным волокнам к мотонейронам. По мнению В.П. Куликова и др. [22] снижение этого показателя свидетельствует о снижении чувствительности мотонейронов к болевому стимулу.

Следовательно, полученные в работе данные указывают на возможность влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на модуляцию процессов торможения мотонейронов икроножной мышцы, что изменяет и динамику рефлекторной возбудимости мотонейронов сегментарного аппарата, об повышении нисходящего тормозного контроля супрасегментарных отделов ЦНС на данные мотонейроны, а также о влиянии данного физического фактора на чувствительность мотонейронов к болевому стимулу.

#### **Изменение порога возникновения Н-рефлекса под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ**

Минимальная сила тока, при которой появлялся Н-рефлекс  $7,55 \pm 1,00$  мА и  $10,14 \pm 0,93$  мА для правой и левой ноги (рис. 4). Эти результаты согласуются с литературными данными [2, 3].

После курсового воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ данный показатель постепенно повышался, а с пятых по девятые сутки наблюдения отмечалось достоверное увеличение силы стимуляции Н-рефлекса в среднем в 1,98 раза

( $p < 0,05$ ) (рис. 4). Эти данные свидетельствуют о повышении порога возникновения Н-рефлекс под влиянием ЭМИ КВЧ.

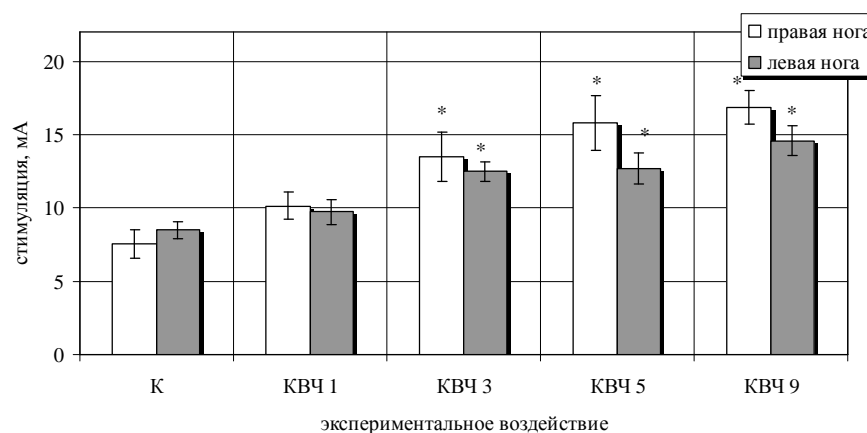


Рис. 4. Изменение силы стимуляции Н-рефлекса правой и левой ноги у испытуемых до (К) и под влиянием курсового (1, 3, 5, 9) воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (КВЧ).

*Примечание:* \* - достоверность результатов по сравнению с фоновыми контрольными значениями (К).

Известно, что порог возникновения Н-рефлекса дает представление о функциональном торможении мотонейронов вследствие рефлекторных нарушений (болевые синдромы) [2]. Повышение порогов Н-рефлекса при применении местных анестетиков (лидокаин) связано с блокадой ноцицептивной афферентации на периферическом уровне, а повышение болевых порогов при использовании морфина и морфиноподобных препаратов является результатом активации опиоидной системы, т.е. усиления активности одной из антиноцицептивных систем мозга [23]. При применении нестероидных противовоспалительных средств (ибупрофен, кетопрофен, аспирин, индометацин) повышение болевых порогов может быть, с одной стороны, обусловлено редукцией периферического ноцицептивного фактора (за счет антипростагландинового эффекта), а с другой стороны — центральным антиноцицептивным действием [24].

Таким образом, возрастание порога возникновения Н-рефлекса при КВЧ-воздействии свидетельствует об ослаблении ноцицептивных влияний и (или) усилении антиноцицепции.

Многими исследователями показано, что интенсивности ЭМИ КВЧ, используемые в терапии, достаточны для активации рецепторов (механо-, термо- и ноцицепторов) и периферических волокон, расположенных в коже [17, 25, 26]. Согласно экспериментальным данным [6], воздействие ЭМИ КВЧ (5,6 мм; 4 мВт/см<sup>2</sup>) на лягушек значительно уменьшает время рефлекса одергивания, что указывает на увеличение возбудимости болевых рецепторов без участия центральных нервных структур. После первичной рецепции сигнал из



периферических нервных окончаний и волокон через перекрещивающиеся проводящие пути одновременно поступает в оба полушария головного мозга, где происходит изменение количественного соотношения моноаминов эндогенных нейрхимических систем, участвующих в реализации моторных и сенсорных функций [27], в модуляции сложных форм двигательной активности и болевых поведенческих реакций [28]. Эндогенные анальгетические системы, имея особую структурно-функциональную организацию и взаимодействуя с другими системами, позволяет организму устранять отрицательные последствия, вызванные любыми ноцицептивными факторами, а также перестраивать функции его важнейших систем во время развития различных ноцицептивных рефлексов, начиная от простейших защитных ответов на боль и кончая сложными эмоциональными и стрессовыми реакциями высших отделов мозга [3, 29].

При стимуляции рецепторов и нервных волокон кожи происходит также усиленное высвобождение в ряде структур мозга эндогенных опиоидных пептидов [30]. Известно, что ОпП увеличивают активность иммунной, нервной и эндокринной систем, осуществляя взаимодействие между этими системами [31] повышая уровень неспецифической резистентности организма к последующему воздействию повреждающего стресс-фактора. При болевом стрессе происходит образование и выделение ОпП в разных отделах мозга, растет их содержание в крови. Это сопровождается такими защитными явлениями, как повышение болевого порога и развитие анальгезии [32, 33], изменение поведения [34] и др. В наших предыдущих исследованиях также показана ведущую роль в механизмах обезболивающего действия ЭМИ КВЧ эндогенных ОпП [10].

Несмотря на то, что Н-рефлекс является спинальным моносинаптическим рефлексом и его амплитудно-временные параметры во многом определяются возбудимостью мотонейронов, важную роль играет тот факт, что последние испытывают на себе постоянное облегчающее и тормозное влияние со стороны интернейронов, обеспечивающих передачу информации к мотонейронам как от ноцицептивных нейронов задних рогов спинного мозга, так и от супраспинальных структур, участвующих в восприятии и анализе “болевых” сигналов [35, 36].

Таким образом, результаты данного исследования показывают, что под влияние курсового воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечается существенное изменение амплитуды и порога возникновения Н-рефлекса, что свидетельствует об антиноцицептивном эффекте данного физического фактора.

## **ВЫВОД**

1. Под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечается изменение показателей Н-рефлекса (амплитуды максимального и минимального Н-рефлекса, порога возникновения Н-рефлекса).
2. Под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ амплитуды минимального и максимального Н-рефлекса уменьшаются относительно фоновых значений, что свидетельствует модуляции процессов торможения мотонейронов сегментарного аппарата спинного мозга.

3. Под влиянием курсового воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ отмечается достоверное увеличение порога возникновения Н-рефлекса, что свидетельствует об ослаблении ноцицептивных влияний и (или) усилении антиноцицепции.
4. Полученные данные свидетельствуют об антиноцицептивном эффекте низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ.

#### Список литературы

1. Новикова В.П. Возможности и границы метода исследования Н-рефлекса в диагностике заболеваний нервной системы / В.П. Новикова // Журнал невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – Т. 12. – 1981. – С. 1804-1810.
2. Николаев С.Г. Практикум по клинической электромиографии / С.Г. Николаев. – 2-е изд. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2003. – 264 с.
3. Болевые синдромы в неврологической практике / Под редакцией А.М. Вейна. – Москва: МЕДпресс-информ, 2001 г. – 368 с.
4. Акоев Г.Н. Восприятие ЭМИ мм диапазона электрорецепторами скатов / Г.Н. Акоев, В.Д. Авелев, П.Г. Семенов // Сб. докл. Межд. симпозиума «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – С. 442-447.
5. Сазонов А.Ю. Воздействие ЭМИ ММ-диапазона на биологические объекты различной сложности / А.Ю. Сазонов, Л.В. Рыжкова // Сб. докладов 10 Российск. симпоз. с междунар. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине» – М.: ИРЭ РАН. - 1995. – С. 112-114.
6. Сауля А. Влияние миллиметровых электромагнитных волн на возбудимость периферических нервных окончаний / А.Сауля, В. Кихай // Сборник докладов 13 Российского Симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.:ИРЭ РАН. – 2003. – С. 100-102.
7. Колосова Л.И. Влияние электромагнитного поля миллиметрового диапазона малой мощности на регенерацию периферических нервов / Л.И. Колосова, В.Д. Авелев, Г.Н. Акоев, О.В. Рябчикова // Сб. докл. Междунар. симпозиума «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – Т 2. – М.: ИРЭ АН СССР. – 1991. – С. 398-402.
8. Применение лечебно-диагностического комплекса «Шарм» в комплексной терапии неврологии тройничного нерва / Р.С. Мегдятов, В.В. Архипов, В.Я. Кислов [и др.] // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1995. – №. 5. – С. 20-24.
9. Функциональная асимметрия у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона / Е.Н. Чуян, Н.А. Темурьянц, В.П. Пономарева, Н.В. Чирский – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2004. – 440 с.
10. Чуян Е.Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, Э.Р. Джелдубаева – Симферополь, 2006. – 458 с.
11. Бадалян Л.О. Клиническая электронейромиография / Л.О. Бадалян, И.Л. Скворцов – Москва: Медицина, 1986. – 389 с.
12. Maglader J.W. Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. I. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibers / J.W. Maglader, D.B. McDougal // Bull Johns Hopkins Hosp. – 1950. – Vol. 86(5). – P. 265–290.
13. Delwaide P.J. Spinal reflex studies enable to analyze supraspinal dysfunctions / P.J. Delwaide, J.L. Pepin, G. Rapisarda // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. – Supp L, V.50. – 1999. – P. 373–376.
14. Старобинец М.Х. Диагностика синдромов поражения нервной системы по соотношению кривых напряжения—времени центральных и моторных ответов мышц голени и стопы / М.Х. Старобинец, Л.Д. Волкова // Журн. невропатологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. – 1984. – Т. 11. – С. 1642-1648.
15. Гуляр С.О. Механізми первинної рецепції електромагнітних хвиль оптичного діапазону / С.О. Гуляр, Ю.П. Лиманський // Фізіологічний журнал. – 2003. – Т. 49, № 2. – С. 35-44.
16. Мачерет Е.Л. Руководство по рефлексотерапии / Е.Л. Мачерет, И.З. Самосюк – К.: Выща шк., 1989. – 479 с.

17. Лебедева Н.Н. Экспериментально-клинические исследования в области биологических эффектов миллиметровых волн (обзор, часть 1) / Н.Н. Лебедева, Т.И. Котровская // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 3 (15). – С. 3-15.
18. Использование Н-рефлекса в оценке возбудимости ноцицептивных нейронов спинного мозга у людей / В.К. Решетняк, А.В. Гнездилов, А.В. Сыровегин, А.М. Овечкин [и др.] // Анестезиология и реаниматология. – 1998. – No 5. – С. 16–19
19. Персон Р.С. Н-рефлекс в медицинских и физиологических исследованиях / Р.С. Персон // Физиология человека. – 1994. – Т. 20, №4. – С. 1541–1558.
20. Старобинец М.Х. Программа электромиографического исследования при подозрении на скрытую пирамидную недостаточность / М.Х. Старобинец, Л.Д. Волкова // Журн. невропатологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 1987. – № 8. – С. 1126–1133.
21. Плещинский И.Н. Модуляция Н-рефлекса камбаловидной мышцы при выполнении дорзальной и плантарной флексии в голеностопном суставе у человека / И.Н. Плещинский, Р.Х. Бикмуллина, А.Н. Розенталь // Физиология человека. – 2006. – No 6. – С. 104–109
22. Куликов В.П. Оценка возбудимости мотонейронов коры головного мозга человека методом магнитной стимуляции / В.П. Куликов, К.В. Смирнов, Ю.В. Смирнова // Физиология человека - 2004. – No 3. – С. 133–135.
23. The effects of ketamine on the temporal summation (wind-up) of the RIII nociceptive reflex and pain in humans / F. Guinmand, X. Dupont, L. Brasseur [et al.] // Anesth. Analg. – 2000. – Vol. 90. – P. 408–414.
24. Guieu R. Analgesic effect of indomethacin shown using the nociceptive flexion reflex in humans / R.Guieu, O. Bun, J. Pouget, G. Serratnce // Ann. Rheum. Dis. – 1992. – Vol. 51. – P. 391–393.
25. Search for frequency-specific effects of millimeter-wave radiation on isolated nerve function / A.G. Pakhomov, U.K. Prol, S.P. Mathur [et al.] // Bioelectromagnetics. – 1998. – Vol. 18. – P. 324–334.
26. Алексеев С.И. Электрофизиологическое исследование влияния миллиметровых волн на нервные клетки / С.И. Алексеев, М.С. Зискин, Н.В. Кочеткова // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1997. – № 9-10. – С. 34–38.
27. Kähkönen S. Combination of magneto- and electroencephalography in studies of monoamine modulation on attention / S. Kähkönen, J. Ahveninen // Methods and findings in experimental and clinical pharmacology. – 2002. – Vol. 24, Suppl C. – P. 27-34.
28. Лиманский Ю.П. Физиология боли / Юрий Петрович Лиманский – Киев; Здоровья, 1986. – 93 с.
29. Девойно Л.В. Серотонин-, дофамин- и ГАМК-ергические системы мозга в нейроиммуномодуляции / В кн. Иммунофизиология. – Сп.-Пб.: Наука, 1993. – С. 201–242.
30. Andersson S. Accupuncture – from empiricism to science: the functional background to acupuncture effects in pain and disease / S. Andersson, T. Lundeberg // Med. Hypotheses. – 1995. – Vol. 45, №. 3. – P. 271-281.
31. Maestroni G.J.M. Anti-stress role of the melatonin – immunopioid network. Evidence for a physiological mechanism involving T-cell-derived, immunoreactive  $\beta$ -endorphin and met. Enkephalin binding to thymic opioid receptors / G.J.M. Maestroni, A. Conti // Int. J. Neurosci. – 1991– Vol. 61. – P. 1-10.
32. Analgesia induced in vivo by central administration of enkephalin in rat / J.D. Belluzzi, N. Grant, V. Garsky [et al.] // Nature. – 1976. – Vol. 260(5552). – P. 625-626
33. A study of millimeter wave's clinical and immunological effects on oral lichen planus patients / Z. Jin, M. Lin, J. Xia, [et al.] // Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. – 2001. – Vol. 19. – P. 366-368.
34. Opiate receptors may mediate the suppressive but not the excitatory action of ACTH on motor activity in rats / S. Amir, Z.H. Galina, R. Blair [et al.] // Eur. J. Pharmacol. –1980. – Vol. 66(4). – P. 307-313.
35. Байкушев С. Стимуляционная электромиография и электронейрография в клинике нервных болезней / Байкушев С., Манович З.Х., Новикова В.П. – М.: Медицина, 1974. – 144с.
36. Зайцев А.Ю. Метод оценки анальгезии – ноцицептивные вызванные потенциалы. первые клинические наблюдения / А.Ю. Зайцев, А.А. Фролов, В.А. Светлов, С.П. Козлов // Анестезиология и реаниматология. – 2008. – No 5. – С.84-87.

Джелдубаєва Е.Р. Зміна показників Н-рефлексу під впливом низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти / Е.Р. Джелдубаєва, О.М. Чуян, Т.В. Заячникова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 66-76.

Досліджена зміна показників Н-рефлексу під впливом низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти (ЕМВ НВЧ) (7,1 мм, 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) за допомогою електронейроміографії нижніх кінечностей людини. Показано, що під впливом ЕМВ НВЧ амплітуди мінімального і максимального Н-рефлексу зменшуються, а поріг виникнення Н-рефлексу збільшується відносно фонових значень, що свідчить ослаблення ноцицептивних впливів та (або) посилення антиноцицепції.

**Ключові слова:** низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, Н-рефлекс, амплітуда, порога виникнення Н-рефлексу.

**Dzheldubaeva E.R. Changes in the H-reflex under the influence of low-intensity electromagnetic irradiation of extremely high frequency / E.R. Dzheldubaeva, E.N. Chuyan, T.V. Zayachnikova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 66-76.**

Investigated characteristics H-reflex under the influence of low-intensity electromagnetic irradiation of extremely high frequency (EHF EMR) (7.1 mm, 0.1 mW/cm<sup>2</sup>) at electroneuromyographic study neuromotor apparatus of the state of the lower limbs of man. It is shown that under the influence of EHF EMR amplitude of minimum and maximum H-reflex decrease and the threshold of the H-reflex is increased relative to baseline values, It is reflecting the weakening of nociceptive effects and (or) increased antinociceptive.

**Keywords:** low-intensity electromagnetic irradiation of extremely high frequency, the H-reflex, amplitude, threshold of the H-reflex.

*Поступила в редакцію 17.01.2012 г.*

УДК 582.475.4.630\*182:581.321.2

**ДИНАМИКА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЫЛЬЦЫ  
*PINUS PALLASIANA* D. DON В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ГОРНОГО  
КРЫМА**

***Коба В.П.***

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

Приведены результаты изучения динамики биометрических признаков пыльцы *P. pallasiana* в природных популяциях Горного Крыма в связи с особенностями индивидуального развития и влиянием факторов внешней среды. С использованием дисперсионного анализа установлено, что варьирование размеров пыльцы *P. pallasiana*, связанное с действием условий произрастания, в среднем составляет 3-7%, доля влияния отдельного дерева – 15-24%, доля случайного фактора – 70-75%..

**Ключевые слова:** пыльца, морфологические признаки, динамика, высотная поясность.

**ВВЕДЕНИЕ**

Использование методов количественной морфогенетики при изучении особенностей динамики морфологических и биометрических признаков в связи с генетической обусловленностью и действием внешних факторов позволяет выявить закономерности и механизмы формирования, сохранения и преобразования конструкции организма и ее элементов, осуществляемых в процессе индивидуального развития, смены поколений и эволюции [1, 2]

Характеристики размеров пыльцевого зерна и его отдельных элементов имеют важное значение не только для систематики и филогении. Изучение изменчивости количественных признаков пыльцы представляет определенный интерес для эколого-генетических и селекционных исследований [3, 4]. Некоторые исследователи считают, что параметры, характеризующие пыльцу сосны, подвержены сильным колебаниям по годам и тесно связаны с погодно-климатическими условиями в период формирования пыльцы, поэтому сравнительная оценка динамики биометрических характеристик пыльцы сосны может быть использована при экологическом контроле окружающей среды [5].

До сегодняшнего дня пыльца *Pinus pallasiana* D. Don с точки зрения ее биометрических показателей остается достаточно слабо изученным объектом. В отдельных работах приведены характеристики ее размеров [6, 7], однако полностью отсутствует информация о динамике биометрических признаков в связи с различием условий произрастания. Проведение исследований с использованием системы экологического мониторинга позволяет проследить изменчивость признака

связи с различием условий произрастания, что расширяет возможности оценки специфики взаимодействия организма с факторами внешней среды.

Целью работы было изучение динамики биометрических признаков пыльцы *P. pallasiana* в природных популяциях Горного Крыма в связи с особенностями индивидуального развития и влиянием факторов внешней среды.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор на площади наиболее крупного массива естественных лесов *P. pallasiana*, простирающегося от пос. Запрудное до пос. Симеиз. По трём высотным профилям в пределах высот от 400 до 1200 м над уровнем моря было заложено 10 постоянных пробных площадей. Первый профиль расположен в западной части массива в районе Алупки, он включает три пробные площади № 1, 2, 3, заложенные на высотах 400, 600 и 900 м над уровнем моря. Второй профиль находится в центральной части массива, непосредственно над Ялтой (центральный профиль – на склоне хребта Иограф), состоит из четырех пробных площадей № 4, 5, 6, 7 с высотными отметками 400, 600, 900 и 1200 м. Третий восточный профиль размещен на склоне Никитского хребта и имеет четыре пробные площади № 8, 9, 10 с высотными отметками 400, 600 и 900 м. На пробных площадях размером 20x20 м, применяя методы лесной таксации [8, 9], было выбрано 10 модельных деревьев. В мае-июне, в период вылета пыльцы, с модельных деревьев собирали пыльцу посредством встряхивания микростробиллов в простерилизованные бюксы. В дальнейшем ее хранили в эксикаторе над хлористым кальцием при температуре +5°C [10].

Биометрический анализ пыльцевых зерен проводили на временных ацетокарминовых препаратах по методике М.Х. Монзон-Смолиной (1949) [6]. У пятидесяти пыльцевых зерен с каждого модельного дерева с использованием микроскопа «Биолам-И» измеряли микролинейкой пять параметров – общую длину, длину и высоту тела пыльцевого зерна, длину и высоту летательного мешка. Уровень изменчивости отдельных признаков анализировали, используя шкалу коэффициентов вариации С.А. Мамаева (1970) [11]. Цифровые результаты наблюдений обрабатывали, применяя методы вариационной статистики [12].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения количественных показателей морфологических признаков пыльцы *P. pallasiana* показали, что средние размеры пыльцевого зерна по пробным площадям изменяются в пределах: общая длина пыльцы от 72 до 79 мкм, длина и высота тела пыльцевого зерна – 47-55 мкм и 40-44 мкм, длина и высота летательного мешка 24-28 мкм и 29-34 мкм, соответственно (табл. 1). Наиболее крупная пыльца отмечалась на нижней площадке восточного профиля, здесь средние показатели составили для общей длины пыльцы  $78,2 \pm 0,7$  мкм, длины и высоты тела пыльцевого зерна  $54,2 \pm 0,6$  и  $42,6 \pm 0,6$ , длины и высоты летательного мешка  $27,6 \pm 0,4$  и  $33,8 \pm 0,4$ , соответственно. Самую мелкую пыльцу продуцировали древостои центрального

профиля, особенно в нижнем (400 м н. у. м.) и верхнем поясах (1200 м н. у. м.). Здесь размеры пыльцы и отдельных ее элементов были ниже в среднем на 3-5% в сравнении с западным и восточным профилями. В центральном поясе эти различия менее существенны. В целом это может быть связано с генетической дифференциацией разновысотных популяций *P. pallasiana* [13].

Таблица 1  
Биометрические характеристики пыльцы *P. Pallasiana*

№ пр. пл.	Выс. н. у. м., м	L		A		B		C		D	
		M±s	V	M±s	V	M±s	V	M±s	V	M±s	V
1	400	78,2±0,5	8,3	54,2±0,6	9,3	42,6±0,6	11,4	27,6±0,4	14,3	33,8±0,4	11,2
2	600	76,0±0,5	5,6	53,0±0,4	7,0	41,1±0,4	8,8	24,7±0,3	10,9	31,9±0,4	10,8
3	900	76,6±0,6	8,2	53,7±0,6	9,0	43,7±0,6	12,6	26,4±0,5	15,7	33,8±0,6	16,5
4	400	74,0±0,9	12,7	51,9±0,9	16,3	41,7±0,9	19,0	26,5±0,6	18,7	32,9±0,7	20,9
5	600	74,0±0,6	7,1	50,7±0,6	10,0	40,4±0,4	9,4	26,1±0,5	16,6	33,5±0,6	16,4
6	900	72,3±0,9	12,0	48,3±0,9	17,0	40,8±0,7	14,4	24,6±0,6	19,7	31,6±0,8	24,7
7	1200	73,2±0,7	8,5	49,3±0,7	12,2	40,7±0,6	13,1	27,2±0,5	16,6	34,3±0,7	19,5
8	400	74,7±0,9	12,5	52,0±0,7	12,3	42,9±0,8	16,0	28,0±0,5	15,2	31,6±0,6	16,7
9	600	74,6±0,8	9,4	50,8±0,7	12,2	40,9±0,8	16,5	26,1±0,4	14,0	30,9±0,6	18,1
10	900	72,6±0,6	7,3	53,4±0,6	10,3	41,6±0,5	11,3	25,6±0,5	16,1	29,3±0,6	19,0

Примечание: L – длина пыльцевого зерна; A – длина тела пыльцевого зерна; B – высота тела пыльцевого зерна; C – длина летательного мешка; D – высота летательного мешка; M – средний показатель; s – ошибка среднего показателя; V – коэффициент вариации, %.

С использованием шкалы С.А. Мамаева (1970), уровень изменчивости пыльцы, собранной с одного дерева, для высоты летательного мешка следует характеризовать как повышенный и средний (коэффициент вариации изменяется в пределах 14-24%), средний для длины летательного мешка (V = 11-19%), средний и низкий для длины и высоты тела пыльцевого зерна (V = 8-19%), низкий и очень низкий для общей длины пыльцевого зерна (V = 6-12%). Самая высокая изменчивость пыльцевого зерна наблюдалась по центральному профилю. На пробной площади № 4 коэффициент вариации размеров для общей длины пыльцевого зерна составил 12,7%, длины и высоты тела – 16,3% и 19,0%, длины и высоты летательных мешков – 18,7% и 20,9%, соответственно. Это значительно выше в сравнении с уровнем варьирования аналогичных показателей пыльцы с площадок того же высотного пояса западного и восточного профилей. При этом внутригрупповая изменчивость пыльцы по пробным площадям характеризуется низким уровнем (3-4%). Таким образом, индивидуальная изменчивость размеров пыльцы является наиболее динамичным показателем, отражающим морфогенетическую специфику формирования мужских репродуктивных структур отдельного дерева.

В генетике количественных признаков для оценки влияния фактора на изменчивость какой-либо количественной характеристики используют показатель

силы влияния фактора на результирующий признак, значение которого в дисперсионном анализе определяется как доля межгрупповой вариации в общем варьировании результирующего признака [12, 14]. С использованием данных подходов, нами был проведен анализ одно- и двухфакторного иерархических комплексов, в которых факториальные дисперсии характеризуют внутригрупповую и межгрупповую экологическую изменчивость [2]. Для оценки относительной изменчивости признаков в тех же иерархических комплексах проводился корреляционный анализ. При этом использовали количественные данные трех признаков: L – общая длина пыльцевого зерна, A, B – длина и высота тела пыльцевого зерна.

**Таблица 2**

**Показатели общей и относительной факториальной изменчивости размеров  
пыльцы *P. pallasiana***

<i>Внутригрупповая (на пробной площ.) Межгрупповая (между проб. площ.)</i>	Факториальные доли вариансы (%)			Коэффициент корреляции пар признаков		
	L	A	B	LA	LB	AB
1	15,3	14,9	13,8	0,763	0,774	0,875
1 – 2	2,9	2,1	3,1	0,791	0,803	0,905
2	22,5	23,7	14,0	0,732	0,783	0,813
2 – 3	2,0	2,3	2,6	0,814	0,820	0,894
3	10,2	17,3	8,1	0,644	0,842	0,653
1 – 3	2,4	5,7	4,7	0,635	0,808	0,837
4	13,1	10,0	10,2	0,498	0,617	0,691
4 – 5	4,2	7,2	5,9	0,621	0,574	0,829
5	17,8	18,9	12,3	0,635	0,832	0,703
5 – 6	1,8	3,4	2,0	0,568	0,641	0,811
6	12,9	14,0	12,7	0,701	0,742	0,851
6 – 7	3,3	6,1	3,2	0,634	0,768	0,890
7	19,3	23,3	12,4	0,813	0,784	0,768
7 – 8	2,7	2,2	3,7	0,799	0,817	0,742
8	21,0	21,8	14,9	0,831	0,827	0,742
8 – 9	1,8	1,3	3,6	0,794	0,820	0,767
9	16,3	17,7	10,8	0,788	0,821	0,909
9 – 10	2,7	1,8	2,9	0,757	0,714	0,848

В таблице № 2 приведены факториальные доли вариации и коэффициенты корреляции признаков, полученных по данным двухфакторного дисперсионного и корреляционного анализа иерархического комплекса, составленного из 9 групп, по 10 деревьев в группе и 50 пыльцевым зернам с каждого дерева. Группы взяты по трем высотным поясам (400, 600 и 900 м над уровнем моря) с трех профилей.



Факториальные критерии Фишера для всех рассматриваемых признаков существенны.

Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют, что варьирование размеров пыльцы *P. pallasiana*, связанное с действием условий произрастания, в среднем составляет 3-7%, доля влияния отдельного дерева – 15-24%, доля случайного фактора – 70-75%. Наиболее высокая внутригрупповая факториальная вариация отмечалась в древостоях среднего пояса на высоте 600 м над уровнем моря. Здесь для общей длины пыльцевого зерна она составила по западному профилю 22,5%, центральному – 17,8%, восточному – 21,0%. Для длины тела пыльцевого зерна эта вариация имела значения для западного профиля 23,7%, центрального – 18,9%, восточного – 21,8%. В меньшей степени влияние отдельного дерева сказывается на высоте тела пыльцевого зерна. Внутри групповая вариация данного признака на площадках среднего пояса изменялась в пределах 12,3-14,9%.

Существенное ослабление внутригрупповой доли влияния и некоторое увеличение межгрупповой вариации наблюдается на площадках нижнего и верхнего пояса. Более всего это проявляется по центральному профилю, где наблюдалась наиболее низкая внутригрупповая вариация (в среднем ниже на 5-6% в сравнении с западным и восточным профилями) рассматриваемых признаков на фоне увеличения значений межгрупповой вариации. Самая высокая межгрупповая вариация имела место при сравнении групп нижнего (400 м) и среднего пояса (600 м), в то время как минимальные межгрупповые вариации по всем трем профилям были получены при сравнении среднего и верхнего поясов. Это свидетельствует о более резком изменении морфогенеза пыльцы в пределах высот 400-600 м в сравнении с подобной изменчивостью на высотах 600-900 м над уровнем моря.

Дополнительную информацию о факторах, определяющих динамику количественных признаков, можно получить анализируя уровень корреляции отдельных элементов пыльцевого зерна. Значения коэффициентов корреляции пар признаков, приведенные в таблице № 2, достоверны на 1% и 5% уровне значимости по *t*-критерию Стьюдента. В целом западный и восточный профили характеризуются более высокими внутригрупповыми и межгрупповыми коэффициентами корреляции. Стабильно высокие значения коэффициента корреляции наблюдаются в среднем поясе. Самая низкая связь между отдельными элементами пыльцевого зерна имеет место в нижнем поясе центрального профиля. Здесь также заметно ослаблена межгрупповая связь.

Высокий уровень значений коэффициентов корреляции отдельных пар признаков указывает на сохранение отношений размеров частей пыльцевого зерна в различных насаждениях, что возможно при одинаковом или близком уровне гетерогенности. Количественные признаки в популяции, как правило, детерминируют полигенно. Генетически обусловленная изменчивость количественных признаков связана с расщеплением полиморфной части локусов, контролирующей его развитие. В тех случаях, когда динамика признака не имеет прямого адаптивного значения, этот признак может являться маркером процессов онтогенеза, коррелятивно отражающихся на его изменчивости [14]. Поэтому различия уровня корреляции признаков, отмеченные у пыльцевого зерна в связи с

условиями среды, являются остаточным результатом морфогенетических процессов различных этапов формирования и развития пыльцевого зерна.

### ВЫВОД

1. Средние размеры пыльцевого зерна *P. pallasiana* в природных популяциях Горного Крыма изменяются в пределах: общая длина пыльцы от 72 до 79 мкм, длина и высота тела пыльцевого зерна – 47-55 мкм и 40-44 мкм, длина и высота летательного мешка 24-28 мкм и 29-34 мкм, соответственно.
2. С использованием дисперсионного анализа установлено, что варьирование размеров пыльцы *P. pallasiana*, связанное с действием условий произрастания, в среднем составляет 3-7%, доля влияния отдельного дерева – 15-24%, доля случайного фактора – 70-75%.
3. В древостоях *P. pallasiana* южного макросклона Главной гряды Крымских гор в пределах высот 400-600 м над уровнем моря наблюдается более резкое изменение биометрических характеристик пыльцы в сравнении с подобной изменчивостью в интервале высот 600-900 м.
4. Высокие значения коэффициентов корреляции биометрических признаков свидетельствуют о сохранении отношений размеров отдельных частей пыльцевого зерна в различных древостоях, что отражает близкий уровень гетерогенности природных популяций *P. pallasiana* Горного Крыма по данным характеристикам

### Список литературы

1. Глотов Н.В. Оценка генетической гетерогенности природных популяций: количественные признаки / Н.В. Глотов // Экология. – 1983. – № 1. – С. 3-10.
2. Магомедмирзаев М.М. Введение в количественную морфогенетику / М.М. Магомедмирзаев. – М.: Наука, 1990. – 230 с.
3. Земляной А.И. Особенности микроспорогенеза у кедров сибирского на Алтае / А.И. Земляной // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. – 1971. – Вып. 3. – № 15. – С. 51-54.
4. Некрасова Т.П. Пыльца и пыльцевой режим хвойных Сибири / Т.П. Некрасова. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1983. – 169 с.
5. Третьякова И.Н. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса / И.Н. Третьякова, Н.Е. Носкова // Экология. – 2004. – № 1. – С. 26-33.
6. Монсозон-Смолина М.Х. К вопросу о морфологии пыльцы некоторых видов рода *Pinus* L. / М.Х. Монсозон-Смолина // Ботан. журн. – 1949. – Т. 34. – № 4. – С. 352-380. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 512 с.
7. Подгорный Ю.К., Ругузев И.А. Особенности микроспорогенеза и развития мужского гаметофита сосны крымской в связи с семеношением и жизнеспособностью популяций // Бюл. Никит. ботан. сада. – 1979. – Вып. 38. – С. 21-25.
8. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 512 с.
9. Вагин А.В., Мурахтанов Е.С., Ушаков А.И. Лесная таксация и лесоустройство / А.В. Вагин, Е.С. Мурахтанов, А.И. Ушаков и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 368 с.
10. Котелова Н.В. Проращивание пыльцы на искусственных средах и способы хранения пыльцы сосны обыкновенной / Н.В. Котелова // Научн. техн. информ. МЛТИ. – 1956. – № 23. – С. 13-20.
11. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1973. – 284 с.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.

13. Санников С.Н. Фенология пыления – «цветения», генетическая дифференциация разновысотных популяций сосны крымской / С.Н. Санников, П.И. Шлапаков, Н.С. Санникова // Роль об'єктів ПЗФ у збереженні біорізноманіття: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Алушта 25-27 вересня 2008 р. – Алушта, 2008. – 144-151 с.
14. Животовский Л.А. Интеграция полигенных систем в популяциях. – М., 1984. – 184 с.

**Коба В.П. Динаміка біометричних показників пилку *Pinus pallasiana* D. Don у природних популяціях гірського Криму / В.П. Коба // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 77-83.**

Приведено результати дослідження динаміки біометричних ознак пилку *P. pallasiana* у природних популяціях Гірського Криму в зв'язку з особливостями індивідуального розвитку і впливом факторів зовнішнього середовища. З використанням дисперсійного аналізу встановлено, що варіювання розмірів пилку *P. pallasiana*, яке зв'язане з дією умов виростання, у середньому складає 3-7%, частка впливу окремого дерева – 15-24%, частка випадкового чинника – 70-75%.

**Ключові слова:** пилко, морфологічні ознаки, динаміка, висотна поясність.

**Koba V.P. Dynamics of biometric parameters of pollen *Pinus pallasiana* D. Don in connatural populations of Mountain Crimea / V.P.Koba // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 77-83.**

The results of study of dynamics of biometric attributes of pollen *P. pallasiana* in connatural populations of Mountain Crimea are given in connection with features of individual development and influence of environmental factors. With use dispersion of analysis is established, that the variation of the dimensions of pollen *P. pallasiana*, connected with action of conditions growing, on the average compounds 3-7%, lobe of influence of a separate arbor – 15-24%, lobe of a random factor – 70-75%.

**Keywords:** pollen, morphological characters, dynamics, high-altitude girdles.

Поступила в редакцію 15.04.2012 г.

**УДК 594:612.884/615.849.11**

**МОДИФИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ НОЦИЦЕПЦИИ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ  
*HELIX ALBESCENS* ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СЛАБЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ  
ЭКРАНИРОВАНИЕМ**

*Костюк А.С., Туманяц К.Н.*

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

Показано, что слабое электромагнитное экранирование модифицирует изменения ноцицепции моллюсков *Helix albescens*, обусловленные действием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (42,2 ГГц, ППМ – 10 мВт/см<sup>2</sup>) и переменного магнитного поля сверхнизкочастотного диапазона (8 Гц, индукция 50 нТл): стадия гипералгезии становится более выражена и продолжительна, а антиноцицептивный эффект снижается на 12,64% и 27,9% соответственно.

**Ключевые слова:** электромагнитное излучение крайне высокой частоты, переменное магнитное поле сверхнизкой частоты, электромагнитное экранирование, ноцицепция, моллюски.

**ВВЕДЕНИЕ**

Одной из актуальных проблем современной экологической физиологии является исследование механизмов действия электромагнитных полей (ЭМП) различных параметров [1]. Это связано как с потребностью определения роли полей в процессах жизнедеятельности, так и с необходимостью изучения последствий пребывания организмов различной степени сложности в таких условиях, что имеет важное практическое значение.

Показано, что одной из наиболее чувствительной к действию ЭМП различных параметров является ноцицепция [2-4]. Так, в исследованиях на волонтерах А.А. Radziewsky et al. (2001) [5] впервые показали, что электромагнитное излучение (ЭМИ) частотой 42,2 ГГц, плотностью потока мощности (ППМ) – 30 мВт/см<sup>2</sup> значительно уменьшает болевую чувствительность. Низкочастотное ЭМП снижает мышечную боль, вызванную введением гипертонического раствора у женщин, тогда как у мужчин статистически достоверных изменений выявлено не было [6]. В экспериментах на животных также была обнаружена способность ЭМИ крайне высокой частоты (КВЧ) снижать острую и хроническую боль у мышей [7-9] после его однократного воздействия, а также при курсовом 10-тикратном применении [4].

В то же время на живые организмы различной степени сложности постоянно оказывают влияние ослабленные ЭМП, которые широко распространены в естественных и производственных условиях, однако эффекты этих влияний мало изучены [10]. Из многочисленных литературных источников известно, что в

условиях электромагнитной депривации меняется секреторная активность коры надпочечников [11], увеличивается частота сердечных сокращений, снижается двигательная активность [12], обнаружены существенные изменения эмоционально-поведенческой реактивности крыс [13] и др.

В предыдущих наших исследованиях была показана способность низкоинтенсивных ЭМП различных частотных диапазонов корректировать ноцицептивные реакции моллюсков, развивающиеся в условиях ЭМЭ [14]. Но в то же время и слабое ЭМЭ может модифицировать антиноцицептивное действие ЭМИ КВЧ и ПеМП СНЧ. С целью выяснения этого вопроса предпринято настоящее исследование.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Экспериментальные исследования выполнены на наземных брюхоногих моллюсках *Helix albescens*, широко распространенных на территории Крымского полуострова и применяемых в экспериментах для решения актуальных задач физиологии и биофизики. В эксперименте использовались половозрелые животные, одинаковые по массе и размерам.

Было проведено несколько серий экспериментов, в каждой серии моллюсков делили на пять равноценных групп по 20 особей в каждой.

Животные первой группы – биологический контроль – находились в стандартных лабораторных условиях (естественной освещенности, влажности и температуры воздуха ( $t=22\pm 2^\circ\text{C}$ )). Моллюски второй группы ежедневно в течение 30 минут подвергались действию ЭМИ КВЧ. Животные третьей группы каждый день в течение трех часов подвергались воздействию переменного магнитного поля (ПеМП) сверхнизкой частоты (СНЧ). Четвертую (ЭМИ КВЧ+ЭМЭ) и пятую группы (ПеМП+ЭМЭ) составили животные, которые помещались в экранирующую камеру на 23 часа в сутки и дополнительно подвергались воздействию ЭМИ КВЧ и ПеМП СНЧ соответственно аналогично животным второй и третьей групп.

Источником ЭМИ КВЧ служил генератор «Явь-1» (длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 10 мВт/см<sup>2</sup>). Во время воздействия ЭМИ КВЧ моллюски находились в затемненных условиях в стеклянных аквариумах, к низу которых подводился рупор генератора, при этом животные находились в зоне рупора.

В качестве ПеМП использовали вертикальное линейно-поляризованное МП гармонического колебания с частотой 8 Гц и магнитной индукцией 50 нТл. ПеМП создавалось катушками Гельмгольца диаметром 1 м и генератором ГРМ-3. Для контроля гармонического колебания использовался одноканальный лучевой осциллограф С1-114/1.

Ослабление фонового ЭМП достигалось применением экранирующей камеры размером 2×3×2 м, изготовленной из двухслойного железа «Динамо». Внутри камеры для частот от 10<sup>4</sup> до 30 Гц коэффициент экранирования магнитного поля (МП) находится в пределах 3–4, на промышленной частоте 50 Гц и кратных гармониках 150 и 250 Гц – около 3. Коэффициент экранирования постоянной компоненты МП составил: по вертикальной составляющей – 4,4 раза, по горизонтальной – 20 раз.

Все исследования проведены с соблюдением принципов двойного слепого эксперимента.

О состоянии ноцицепции животных судили по латентному периоду реакции избегания в тесте «горячая пластинка». Эффект воздействия электромагнитных факторов на параметры ноцицепции оценивался по коэффициенту его эффективности (КЭ) [2] ежедневно в течение 21-суточного эксперимента.

Для оценки модифицирующего действия ЭМЭ на ноцицепцию при действии низкоинтенсивных ЭМП использовали коэффициент модификации (КМ) (%) [15], отражающий влияние одного фактора на действие другого.

Статистическую обработку и анализ материала проводили с помощью параметрических методов. Для оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали *t*-критерий Стьюдента.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что П у интактных животных колебался в пределах от  $30,39 \pm 0,12^\circ\text{C}$  до  $30,69 \pm 0,12^\circ\text{C}$ ; ЛП от  $9,71 \pm 0,18$  с до  $10,16 \pm 0,19$  с. Как показали данные эксперимента, изменения параметров ноцицептивной чувствительности интактных моллюсков в течение 21-суточного эксперимента достоверно не отличались от фоновых значений. Показатели РИ моллюсков на термическую стимуляцию в среднем составили П –  $30,51 \pm 0,02^\circ\text{C}$ , ЛП –  $9,89 \pm 0,02$  с.

В течение 21 суток эксперимента динамика показателей ноцицептивной чувствительности моллюсков, подвергнутых 30-минутному действию ЭМИ КВЧ, отличалась от таковой контрольных животных. В течение первых двух суток наблюдения П и ЛП особей данной группы снижались относительно исходного уровня данных, достигая минимального значения на второй день, когда значения П составили  $30,08 \pm 0,11^\circ\text{C}$ , ЛП –  $9,30 \pm 0,17$  с. Таким образом, П снижался на 1,34%, ЛП на 6,28% относительно исходного уровня.

Как показали проведенные исследования, ЭМИ КВЧ изменяет ноцицепцию моллюсков *Helix albescens*. В течение 21-суточного эксперимента. В течение первых-третьих суток эксперимента имела место тенденция к снижению П и ЛП. КЭ<sub>эми квч</sub> на третьи сутки исследования снижался до  $-5,54 \pm 1,88\%$  ( $p < 0,001$ ), что соответствует развитию гипералгезии (рис. 1).

Но уже после четвертого воздействия начиналось прогрессирующее возрастание КЭ<sub>эми квч</sub> до 16 суток, когда он достигал  $17,5 \pm 1,23\%$  ( $p < 0,001$ ). Такая его динамика характеризует развитие гипоалгетического эффекта. На таком уровне он оставался в различных сериях экспериментов в течение трех-четырех дней, а затем медленно снижался и на 20, 21 сутки практически не отличался от исходного уровня.

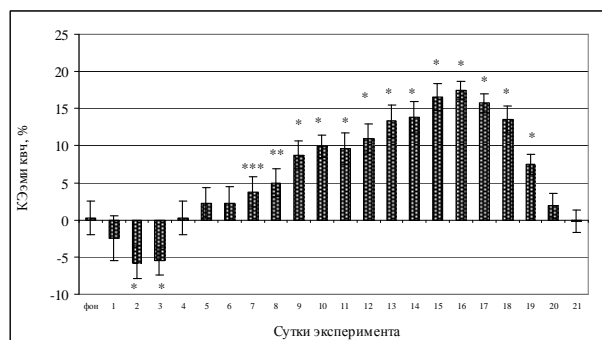


Рис. 1. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) коэффициента эффективности (%) ЭМИ КВЧ.

Примечание: \* – достоверность различий данных у животных, подвергнутых действию ЭМИ КВЧ относительно значений контрольной группы: \* – ( $p < 0,001$ ), \*\* – ( $p < 0,001$ ), \*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

Результаты проведенных исследований, свидетельствующие о выраженном антиноцицептивном действии низкоинтенсивных ЭМИ КВЧ, согласуются с имеющимися литературными данными. Так, было обнаружено неодинаковое влияние ЭМИ КВЧ на выраженность различного вида боли. Так, после трехкратного КВЧ-воздействия наблюдалось максимальное антиноцицептивное действие: тоническая боль снижалась на 84,9%, висцеральная – на 87,8%, острая тоническая – только на 7%, электростимуляционная – на 85% [4]. В проведенных исследованиях не только зарегистрирован антиноцицептивный эффект ЭМИ частотой 42,2 ГГц, но и изучена зависимость этого эффекта от продолжительности воздействия.

Эти данные согласуются с результатами, полученными другими авторами, согласно которым анальгетическое действие ЭМИ КВЧ зависит от продолжительности воздействия. Показано, что уже после трех сеансов ЭМИ КВЧ развивается выраженный эффект, который сохраняется в течение последующих шести-десяти воздействий [4, 16-18].

Таким образом, ЭМИ КВЧ вызывает фазные изменения ноцицепции у моллюсков: кратковременная фаза гипералгезии сменяется стадией стойкого длительного снижения ноцицепции, т.е. гипоалгетическим эффектом.

Свернизкочастотное ПемП также вызывает фазные изменения ноцицепции у моллюсков. В течение первых-третьих суток наблюдения П и ЛП РИ особой данной группы достоверно снижался относительно исходного уровня данных, достигая минимального значения на второй день –  $30,12 \pm 0,10^\circ\text{C}$  и  $9,37 \pm 0,15$  с соответственно.

$K_{\text{ЭПемП}}$  в этот период снижался до  $-5,04 \pm 2,11\%$  ( $p < 0,001$ ), что должно быть расценено как проявление гипералгетического эффекта. С четвертых суток воздействия  $K_{\text{ЭПемП}}$  приобретал положительный знак и прогрессивно нарастал с каждым новым воздействием ПемП. Максимального значения он достигал на 15 сутки эксперимента, когда  $K_{\text{ЭПемП}}$  составил  $20,01 \pm 1,81\%$  ( $p < 0,001$ ) (рис. 2).

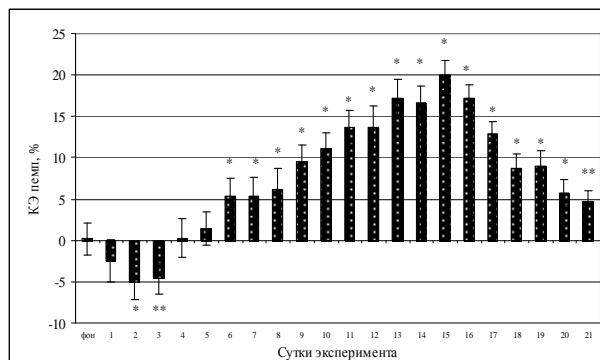


Рис. 2. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) коэффициента эффективности (%) переменного магнитного поля.

Примечание: \* – различия достоверны между данными у интактных моллюсков и у животных, подвергнутых действию переменного магнитного поля: \* – ( $p < 0,001$ ), \*\* – ( $p < 0,01$ ).

В дальнейшие сроки наблюдения зафиксировано прогрессирующее снижение ЛП и П РИ. Вследствие этого КЭ<sub>пемп</sub> к 21 дню эксперимента уменьшался до  $4,74 \pm 1,32\%$  ( $p < 0,01$ ), т.е. в эти сроки исследования антиноцицептивный эффект ПеМП прогрессивно снижался.

Таким образом, трехчасовая экспозиция моллюсков в ПеМП частотой 8 Гц вызывает трехфазные изменения параметров ноцицептивной чувствительности моллюсков: первая кратковременная (первые-третьи сутки) фаза гипералгезии сменяется стадией снижения ноцицепции, т.е. развитием антиноцицептивного эффекта, который достигает максимума на 15 сутки, а затем снижается до исходного уровня.

Полученные данные существенно дополняют имеющиеся литературные сведения о способности ПеМП влиять на ноцицепцию. Так, М. Kavaliers и К.-Р. Ossenkopp (1991) с сотрудниками использовали гетерогенное МП частотой 0,5 Гц, а также систему колец Гельмгольца, где генерируется относительно однородное МП частотой 60 Гц [19]. Ими также была обнаружена способность ПеМП частотой 60 Гц индукцией 100 мТл (экспозиция 30 минут) вызывать гипоалгетический эффект [19]. В своих исследованиях А. Thomas et al. (1997, 1998) добились подобных результатов, воздействуя импульсными МП на моллюсков экспозицией 15 и 30 минут [20-21]. Экспериментальные данные, описанные F.S. Prato et al. (2000) [2], показали, что 15-минутное воздействие полем частой 30 Гц индукцией  $V_{DC}=76$  мТл,  $V_{AC}=190$  мТл также способно вызывать у моллюсков гипоалгетический эффект.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что дополнительное действие слабого ЭМЭ вызывает тенденцию к усилению гипералгетического эффекта ЭМИ КВЧ и уменьшает выраженность его антиноцицептивного действия. На первые-третьи сутки воздействия динамика КЭ как ЭМИ КВЧ, так и комбинированного действия ЭМИ КВЧ и ЭМЭ, была одинакова: имела место тенденция к его снижению (КЭ<sub>эми квч+эмэ</sub> составил -6,24% против КЭ<sub>эми квч</sub> – -5,74%) (рис. 3, А).



Однако продолжительность гипералгетической фазы при комбинированном действии электромагнитных факторов была пять суток больше, чем при изолированном действии ЭМИ КВЧ.

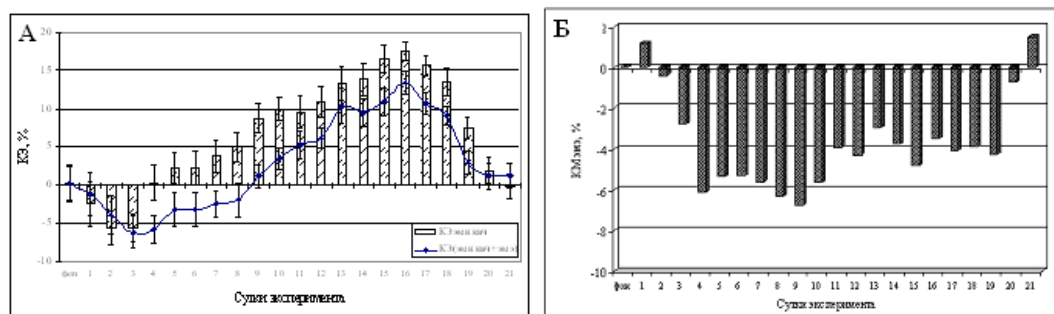


Рис. 3. А – динамика ( $\bar{x} \pm Sx$ ) коэффициентов эффективности (%) изолированного и комбинированного действия ЭМИ КВЧ с ЭМЭ; Б – динамика коэффициента модификации (%) ЭМЭ на действие ЭМИ КВЧ, рассчитанного по латентному периоду реакции избегания термического стимула моллюсками.

Во вторую фазу, развивающуюся у моллюсков на действие электромагнитных факторов, отмечается снижение  $KЭ_{\text{ЭМИ КВЧ+ЭМЭ}}$  на 12,64% ( $p < 0,05$ ) относительно  $KЭ_{\text{ЭМИ КВЧ}}$ , что подтверждают отрицательные значения КМ (-5--7%) (рис. 3, Б).

К 21 суткам эксперимента наблюдается постоянное снижение изучаемых показателей в сравниваемых группах и достижение ими исходного уровня.

Эти данные полностью согласуются с представлениями о том, что эффективность действия различных факторов зависит от его исходного состояния [22]. В зависимости от него эффект действия фактора может быть не только выражен по-разному, но и иметь различный знак. Например, ЭМП частотой 60 Гц снижает болевой порог у мышей в тесте «горячая пластинка» ночью, когда он выше, чем днем и вызывает гипералгетический эффект днем [23].

Таким образом, воздействие слабого ЭМЭ на моллюсков, подвергавшихся действию ЭМИ КВЧ, вызывает усиление чувствительности к боли, снижает гипоалгетическое действие ЭМЭ.

При рассмотрении данных исследования было выявлено, что пребывание моллюсков в условиях ослабленного МП и одновременное воздействие слабых ПеМП СНЧ также приводит к изменениям ноцицепции. Так, уже на пятые сутки эксперимента наблюдалось максимальное снижение КЭ при комбинированном действии ПеМП частотой 8 Гц и экранирования (-5,18±1,81% ( $p < 0,01$ )) относительно исходного уровня, в то время как при изолированном действии ПеМП СНЧ КЭ достигал своего минимального значения на трое суток раньше и составил -5,04±2,11% ( $p < 0,01$ ) (рис. 4, А). Следовательно, дополнительное воздействие ЭМЭ вызывало тенденцию к усилению гипералгетического эффекта ПеМП СНЧ.

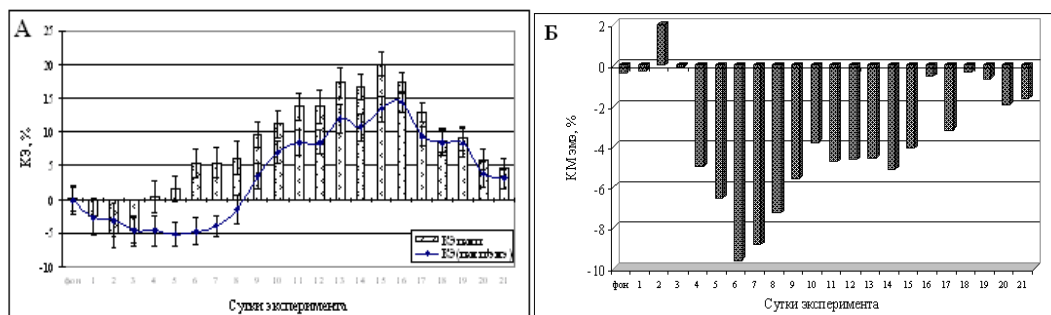


Рис. 4. А – динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) коэффициентов эффективности (%) изолированного и комбинированного действия ПеМП частотой 8 Гц с ЭМЭ; Б – динамика коэффициента модификации (%) ЭМЭ на действие ПеМП СНЧ, рассчитанного по латентному периоду реакции избегания термического стимула моллюсками.

Максимальный антиноцицептивный эффект у моллюсков при совместном действии факторов развивался на день позже (16 сутки наблюдений,  $KЭ_{(пемп+эмэ)} = 14,42 \pm 1,48\%$  ( $p < 0,001$ )) по сравнению с действием ПеМП, тогда как  $KЭ_{пемп}$  был выражен больше на 27,9% ( $p < 0,05$ ). В последующие сроки наблюдения отмечалось постепенное снижение  $KЭ_{(пемп+эмэ)}$  и достижение им исходного уровня к 21 суткам наблюдения, т.е. эффект изменения ноцицепции отсутствовал.

Результаты проведенного исследования показали, что слабое экранирование оказывает влияние на выраженность действия ПеМП СНЧ: под его влиянием стадия гипералгезии становится продолжительнее на пять суток, а также снижается его антиноцицептивный эффект. КМ имеет отрицательные значения с четвертых суток наблюдения и достигает на шестые сутки -9,6%, а на 16 сутки приближался к нулю (рис. 4, Б). Следовательно, ЭМЭ модифицирует изменения ноцицепции, обусловленные действием ПеМП СНЧ.

Полученные данные существенно дополняют имеющиеся литературные сведения о способности различных стресс-факторов модифицировать действие ПеМП частотой 8 Гц. Так, Н.А. Темурьянц с соавт. (1995) [24] обнаружили, что гипокинезия модифицирует адаптационную реакцию, развивающуюся у крыс при действии ПеМП СНЧ, что выражается в изменении неспецифической резистентности, проявляющиеся в разрегулировании механизмов обеспечения фагоцитарной функции, свертывания крови, повышении возбудимости центральной нервной системы в 2-3 раза по сравнению с контрольными данными, а также возрастании норадреналина в миокарде, что говорит о нарушении функции сердечно-сосудистой системы [25].

Поскольку параметры ПеМП СНЧ, применяемые в настоящем исследовании, близки к параметрам возмущенного естественного ЭМП, полученные результаты могут быть использованы для доказательства более высокой чувствительности животных с разнообразными патологиями к геомагнитным возмущениям

## ВЫВОД

Установлено, что незначительное ослабление фоновых ЭМП модифицирует изменения ноцицептивной чувствительности моллюсков, вызванные действием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ и ПеМП сверхнизкочастотного диапазона: дополнительное воздействие ЭМЭ вызывает тенденцию к усилению выраженности гипералгезии ЭМИ КВЧ и ПеМП частотой 8 Гц, приводит к затягиванию гипералгетической фазы, а также снижает гипоалгетический эффект слабых электромагнитных факторов.

## Список литературы

1. Бинги В.Н. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы / В.Н. Бинги, А.В. Савин // УФН. – 2003. – Т. 173, № 3. – С. 265–300.
2. Prato F.S. Extremely low frequency magnetic fields can either increase or decrease analgesia in the land snail depending on field and light conditions / F.S. Prato, M. Kavaliers, A.W. Thomas // *Bioelectromagnetics*. – 2000. – Vol. 21. – P. 287–301.
3. Shielding, but not zeroing of the ambient magnetic field reduces stress-induced analgesia in mice / E. Choleris, Seppia Del, A.W. Thomas [et al.] // *Proceedings. Biological sciences. The Royal Society*. – 2002. – Vol. 269. – P. 193–201.
4. Чуян Е.Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, Э.Р. Джелдубаева // Монография, Симферополь: «ДИАЙПИ», 2006. – 508 с.
5. Peripheral neural system involvement in hypoalgesic effect of electromagnetic millimeter waves / A.A. Radzievsky, M.A. Rojavin, A. Cowan [et al.] // *Life Sci*. – 2001. – Vol. 68 (1). – P. 143–151.
6. Low frequency therapeutic EMF differently influences experimental muscle pain in female and male subjects / E. Lyskov, N. Kalezic, M. Markov [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2005. – Vol. 26 (4). – P. 299–304.
7. Rojavin M.A. Electromagnetic millimeter waves increase the duration of anaesthesia caused by ketamine and chloral hydrate in mice / M.A. Rojavin, M.C. Ziskin // *Int J Radiat Biol*. – 1997. – Vol. 72. – P. 475–480.
8. Millimeter wave induced hypoalgesia in mice: Dependence on type of experimental pain / A.A. Radzievsky, O.V. Gordiienko, A. Cowan [et al.] // *IEEE Trans Plasma Sci*. – 2004. – Vol. 32. – P. 1634–1643.
9. Electromagnetic millimeter wave induced hypoalgesia: frequency dependence and involvement of endogenous opioids / A.A. Radzievsky, O.V. Gordiienko, S. Alekseev [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2008. – Vol. 29. – P. 284–295.
10. Григорьев Ю.Г. Реакции организма в ослабленном геомагнитном поле / Ю.Г. Григорьев // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 1995. – Т. 35, Вып. 1. – С. 3–18.
11. Шуст И. В. Реакция коры надпочечной железы животных на воздействие сильного постоянного магнитного поля и гипомангнитной среды / И.В. Шуст, И.М. Костиник // *Проблемы эндокринологии*. – 1976. – Vol. 22, Is 3. – С. 86–92.
12. Левина В. К вопросу о влиянии гипогеомагнитного поля на теплокровных животных / Р. В. Левина, Р. В. Смирнов, Т. С. Олимпиенко // *Космическая биология и авиакосмическая медицина*. – М.–1989. – С. 45–47.
13. Динамика физиологических характеристик и эмоционально-поведенческой реактивности животных в преформированной геомагнитной среде / Д.В. Девицин, Н.А. Пальчикова, А.В. Трофимов [и др.] // *Бюллетень СО РАМН*. – 2005. – №3. – С.71–77.
14. Модификация экранобусловленных изменений ноцицепции моллюсков *Helix albescens* слабым электромагнитным полем сверхнизкой частоты / Н.А. Темурьянц, А.С. Костюк, К.Н. Туманянц [и др.] // *Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Актуальные вопросы биологической физики и химии. БФФХ-2012»*. – 2012. – С. 79–80.
15. Чуян Е.Н. Изменение функциональной активности лимфоцитов крови крыс как отражение модифицирующих эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ и гипокинетического стресса / Е.Н. Чуян, М.М. Махонина // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2005. – Т. 8, № 3. – С. 142–145.

16. Стимулирующее влияние электромагнитных волн миллиметрового диапазона нетепловой мощности на органотипические культуры спинальных ганглиев куриных эмбрионов / В.Д. Авелев, Г.Н. Акоев, Н.И. Чалисова [и др.] // Сб. докл. Межд. симпоз. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР. – 1991. – С. 381–386.
17. Девятков Н.Д. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. // М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
18. Теппоне М.В. Крайне высокочастотная (КВЧ)–терапия в онкологии / М.В. Теппоне, Р.С. Авакяна // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2003. – № 1 (29). – С. 3–19.
19. Kavaliers M. Opioid systems and magnetic field effects in the land snail, *Cepaea nemoralis* / M. Kavaliers, K.-P. Ossenkopp // Biol. Bull. – 1991. – Vol. 180. – P. 301–309.
20. Pulsed magnetic field induced analgesia in the land snail, *Cepaea nemoralis*, and the effects of m, d, and k opioid receptor agonists/antagonists / A.W. Thomas, M. Kavaliers, F.S. Prato [et al.] // Peptides. – 1997b. – Vol. 18. – P. 703–709.
21. Analgesic effect of a specific pulsed magnetic field in the land snail (*Cepaea nemoralis*): consequences of repeated exposure, relations to tolerance and cross-tolerance with DPDPE / A.W. Thomas, M. Kavaliers, F.S. Prato [et al.] // Peptides. – 1998. – Vol. 19. – P. 333–342.
22. Wilder J. The law of initial values / J. Wilder // Ann. N.Y. Acad. Sci. – 1962. – Vol. 98. – P. 1211–1220.
23. Effects of extremely low frequency magnetic fields on pain thresholds in mice: Roles of melatonin and opioids / J.H. Jeong, K.B. Choi, B.C. Yi [et al.] // J. Auton pharmacol. – 2000. – Vol. 20. – P. 259–264.
24. Темуриянц Н.А. Модификация стресс-фактором реакций крыс на действие слабых переменных магнитных полей / Н.А. Темуриянц, А.В. Михайлов, В.И. Малыгина // Биофизика. – 1995. – Т. 40, №5. – С. 969–973.
25. Леви М.Н. Физиология и патофизиология сердца // М.Н. Леви, П.Ю. Мартин // М.: Медицина, 1988. – Т. 2. – С. 3.

**Костюк О.С. Модифікація змін ноціцепції наземних молюсків *Helix albescens* при дії низькоінтенсивних електромагнітних полів слабким електромагнітним екрануванням / О.С. Костюк, К.М. Туманянц // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 84–92.**

Показано, що слабке електромагнітне екранування модифікує зміни ноціцепції молюсків *Helix albescens*, зумовлені дією низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти (42,2 ГГц, ЩПП – 10 мВт/см<sup>2</sup>) і змінного магнітного поля наднизькочастотного діапазону (8 Гц, індукція 50 нТл): стадія гіпералгезії стає більш виражена і тривала, антиноціцептивний ефект знижується на 12,64% і 27,9% відповідно.

**Ключові слова:** електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, змінне магнітне поле наднизької частоти, електромагнітне екранування, ноціцепція, молюски.

**Kostyuk A. Modification changes in nociception of land snails *Helix albescens* in actions of low-intensity electromagnetic fields of weak electromagnetic shielding / A.S. Kostyuk, K.N. Tumanlyants // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 84–92.**

It is shown that weak electromagnetic shielding modifies the changes in nociception of snails *Helix albescens* caused by the action of low-intensity electromagnetic radiation of extremely high frequency (42.2 GHz, 10 mW/cm<sup>2</sup>) and variable magnetic field of ultra-low frequency (8 Hz, induction of 50 nT): hyperalgesia is more pronounced and prolonged, and the antinociceptive effect is reduced by 12.64% and 27.9% respectively.

**Keywords:** electromagnetic radiation of extremely high frequency, variable magnetic field of ultra-low frequency, electromagnetic shielding, nociception, snails.

Поступила в редакцію 19.05.2012 г.

**УДК 612.766.1**

## **ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В КОЖЕ У СПОРТСМЕНОВ В УСЛОВИЯХ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ РАЗДРАЖЕНИЙ**

*Кровяков В.Ф., Савина К.Д., Сышко Д.В.*

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

Проведен сравнительный анализ функционального состояния регуляторных систем микроциркуляции в коже у спортсменок специализирующихся в беговых видах легкой атлетики до и после вестибулярных раздражений. Показано, что вестибулярное раздражение вызывает изменения процессов микроциркуляции в коже, что проявляется в изменении некоторых амплитудных характеристик частотного спектра колебаний кожного кровотока.

**Ключевые слова:** спортсмены, микроциркуляция в коже, ЛДФ-метрия, вестибулярное раздражение.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение вестибулярной функции человека всегда представляло интерес для науки и практики, так как вестибулярный анализатор постоянно включен в систему адаптации к внешней среде в связи с постоянно действующей силой притяжения Земли. Гравитационные взаимодействия определяют формирование основных компонентов двигательного анализатора, в определенной степени лимитировали развитие сердечно - сосудистой, дыхательной, выделительной и других систем организма, обслуживающих двигательный аппарат человека [1–3]. Поэтому при любом движении, воспринимаемом либо пассивно, либо активно, вестибулярный анализатор вступает в активное взаимодействие со всеми системами организма, вызывая вестибулярные реакции [4]. Накоплен достаточный материал по вестибуловегетативным, вестибулосоматическим, глаздвигательным (нистагмометрическим) и другим реакциям [5]. Созданы методики, позволяющие оценить вестибулярную устойчивость по показателям сердечно-сосудистой системы, системы дыхания, ориентировки в пространстве, силы [2]. Однако, несмотря на большое количество исследований, особенно посвященным вестибуловегетативным реакциям, совершенно не изученным остаётся реактивность кровеносных сосудов кожи на вестибулярное раздражение. Научный интерес к этому вопросу связан, еще и с тем, что современные способы регистрации и обработки параметров кожного кровотока даёт возможность определить роль различных механизмов в регуляции тканевой гемодинамики [6]. Изменения в системе микроциркуляции крови коррелируют со сдвигами в центральной гемодинамики, что позволяет использовать показатели микроциркуляции в качестве критериев в общей оценке вестибуловегетативной устойчивости, также роли местных и общих реакций кровообращения в условиях угрозы потери равновесия. Особенно это важно в

спортивной деятельности, где важна гемодинамическая «цена» пространственной ориентировки.

**Цель работы.** Изучить особенности процессов микроциркуляции в коже у спортсменов при вестибулярных раздражениях.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании принимали участие 10 высококвалифицированных спортсменов женского пола занимающихся легкой атлетикой (бег на средние и длинные дистанции). Возраст спортсменок составлял 18-23 года. Квалификация спортсменок от 1 разряда до мастера спорта международного класса. Фаза месячного цикла не учитывалась. Для регистрации показателей микроциркуляции в коже, до и после вестибулярных раздражений, использовали метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), основанный на оптическом зондировании тканей монохроматическим излучением и анализе частотного спектра, отраженного от движущихся эритроцитов сигнала. ЛДФ осуществляли лазерным анализатором микрокровотока «ЛАКК-02» во втором исполнении (НПП «Лазма», Россия). В качестве вестибулярных раздражений применяли вращения в кресле Барани, по методу Воячека (10 оборотов за 20 секунд, голова под углом 30° вниз с закрытыми глазами). Исследование проводили в дневное время суток, испытуемые во время исследования находились в положении сидя. Головка оптического зонда (датчика) фиксировалась на наружной поверхности левого предплечья на 4 см выше шиловидных отростков. По мнению некоторых авторов [7, 8], указанная зона является зоной Захарьина-Геда сердца, бедна артерио-венулярными анастомозами, поэтому в большей степени отражает кровоток в нутритивном русле и в меньшей степени подвержена влияниям внешней среды, и в связи с этим применяется для исследований микроциркуляции.

Показатели тканевого кровотока оценивали до и после вестибулярных раздражений. Расчёт показателей базального кровотока проводился в два этапа. На первом этапе оценивали следующие показатели:

$M$  (перф.ед.) – показатель микроциркуляции, характеризующий общую (капиллярную и внекапиллярную) усредненную стационарную перфузию микрососудов за время исследования;

СКО ( $\sigma$ , перф.ед.) – среднее квадратичное отклонение амплитуды колебаний кровотока во всех частотных диапазонах от среднего  $M$ , отражающее вариабельность тканевого кровотока;

$K_v$  (%) – коэффициент вариации, который вычисляли по формуле:  
 $K_v = \text{СКО} / M \cdot 100\%$ .

Расчет показателей  $M$ , СКО и  $K_v$  даёт общую оценку процессам микроциркуляции крови.

На втором этапе проводился анализ функционирования механизмов микроциркуляции, который был получен при обработке ЛДФ - грамм кровотока при исследовании ритмических компонентов колебаний перфузии. Амплитудный анализ частотного спектра колебаний кожного кровотока производился на основе использования математического аппарата Фурье-преобразования и специальной

компьютерной программы цифровой фильтрации регистрируемого ЛДФ-сигнала. Анализировались следующие характеристики. Среди звеньев регуляции выделяют «пассивные» и «активные» факторы, которые в полосе частот от 0,0095 до 2 Гц формируют ряд частотных диапазонов: 0,0095–0,02 Гц – диапазон эндотелиальной активности (VLF), 0,02–0,2 Гц – диапазон нейрогенной (симпатической адренергической) и миогенной (гладкомышечной) активности, 0,2–0,6 Гц – диапазон респираторного или дыхательного ритма (HF), 0,6–1,6 Гц диапазон кардиального или пульсового ритма (CF). Регистрируемый в ЛДФ-грамме колебательный процесс является результатом наложения колебаний, обусловленных одновременным функционированием «активных» и «пассивных» факторов [8]. Определялся вклад каждой компоненты амплитудно-частотных характеристик колебаний кожного кровотока. Статистическая обработка материала проводилась путем вычисления среднего значения ( $\bar{x}$ ), и ошибки средней арифметической ( $S\bar{x}$ ). Оценка достоверности различий проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Проведённые исследования показали, что показатель перфузии М в покое, до вестибулярных раздражений, колебался в пределах от 2,61 до 5,23 перф.ед и составил в среднем  $3,53 \pm 0,61$  перф.ед. (табл.1). В современной научной литературе указывается, что величина параметра перфузии М зависит от концентрации эритроцитов и скорости их движения, а также от индивидуально-типологических особенностей состояния микроциркуляции [6–8].

**Таблица 1**

**Показатели микроциркуляции в коже у спортсменов до и после вестибулярных раздражений**

Спортсменки	До вестибулярных раздражений			После вестибулярных раздражений		
	М	$\delta$	$K_v$	М	$\delta$	$K_v$
С-ко	3,24	0,54	16,77	3,71	0,48	12,86
Б-рь	2,61	0,82	31,53	1,81	0,66	36,46
Бл-рь	2,79	0,46	16,36	2,43	0,69	28,28
Д-ва	5,23	0,68	12,98	4,49	0,42	8,43
Ш-ва	3,64	0,71	19,54	3,09	0,49	15,71
Ш-ко	3,75	0,58	15,42	3,07	0,82	26,71
С-на	4,99	0,56	11,32	4,03	0,61	14,86
К-ва	2,22	0,58	26,01	2,28	0,48	20,91
К-ва	3,58	0,56	15,62	3,07	0,38	12,23
С-ко	3,27	0,64	19,14	2,56	0,58	22,72
$\bar{x}$	<b>3,53</b>	<b>0,61</b>	<b>18,47</b>	<b>3,05</b>	<b>0,56</b>	<b>20,01</b>
$S\bar{x}$	<b>0,34</b>	<b>0,04</b>	<b>2,30</b>	<b>0,30</b>	<b>0,05</b>	<b>3,19</b>

Так, в исследованиях Чуюн Е.Н. с соавторами, при измерении уровня перфузии у женщин, не занимающихся спортом, получены три типа микроциркуляции в коже: аperiодический, монотонный с низкой перфузией и монотонный с высокой перфузией. Полученные типы определялись величиной перфузии, уровнем флакса и значением  $K_v$  (табл.2). Необходимо отметить, что приоритетными в определении типа микроциркуляции были величины флакса и особенно  $K_v$ . Отмечались достоверные различия по показателю  $K_v$  между испытуемыми-спортсменками и испытуемыми-неспортсменками с монотонными типами ЛДФ-грамм (табл. 2).

**Таблица 2**

**Показатели микроциркуляции в коже у женщин не занимающихся спортом (по Чуюн Е.Н., с соавт.) и высококвалифицированных легкоатлеток**

Типы микроциркуляции (n=50)	Показатели микроциркуляции		
	Перфузия М, перф.ед.	Флакс $\delta$ , перф.ед.	Коэффициент вариации $K_v$ , %
<b>Аperiодический тип</b> , (n=13) женщины, не занимающиеся спортом	6,28±0,52	0,97±0,09	16,55±3,09
(n=10) высококвалифицированные легкоатлетки	<b>3,53±0,61</b> p1≤0,01; p2≤0,01; p3≤0,01	<b>0,61±0,04</b> p1≤0,01; p2≤0,05	<b>18,47±2,30</b> p2≤0,01; p3≤0,01
<b>Монотонный тип с низкой перфузией</b> (n=14) женщины, не занимающиеся спортом	6,53±0,28	0,23±0,03	3,5±0,38
<b>Монотонный тип с высокой перфузией</b> (n=13) женщины, не занимающиеся спортом	18,69±0,83	0,53±0,04	3,53±0,34

*Примечания:* p1 - достоверность отличий по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с высокой перфузией; p2 - достоверность отличий по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с низкой перфузией; p3 - достоверность отличий по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с высокой перфузией.

Вместе с тем, отсутствие достоверных различий у спортсменок с испытуемыми-неспортсменками, у которых регистрировался аperiодический тип ЛДФ-грамм, (а соответственно, наиболее близкие численные значения по показателю  $K_v$ ) позволяют сделать вывод о том, что у высококвалифицированных легкоатлеток тип ЛДФ-грамм наиболее соответствует аperiодическому. Это дало нам возможность отнести высококвалифицированных легкоатлеток к лицам с аperiодическим типом ЛДФ-граммы, так как величина коэффициента вариации соответствовала 18,47±2,30%. Интересно отметить, что в покое величина перфузии кожного



кровотока у спортсменок была достоверно ниже, чем у женщин, не занимающихся спортом. Обнаруженное нами явление более низкой перфузии кожного кровотока у спортсменок вписывается в положения классической спортивной физиологии об экономичности многих физиологических функций в покое у спортсменок [10]. Таким образом, для кожного кровотока у женщин занимающихся бегом на средние и длинные дистанции характерна низкая перфузия и высокая вариабельность показателей кровенаполнения, что вероятно связано с участием как центральных, так и региональных, и локальных механизмов регуляции кровотока.

После вестибулярных раздражений показатель перфузии  $M$  кожного кровотока у спортсменок достоверно не изменился (табл. 1), что связано с процессами вестибуловегетативной устойчивости не смотря на «угрозу» потери равновесия. Получено, что также не изменился достоверно коэффициент вариации  $K_v$ . Это свидетельствует о стабильности различных механизмов регуляции величины перфузии в условиях вестибулярного раздражения. Представляет научный интерес роль каждого звена механизмов, принимающих участие в модуляции микрокровотока. Обработка ЛДФ - грамм кровотока при исследовании ритмических компонентов колебаний перфузии крови и анализ амплитудно-частотного спектра отраженного сигнала позволило нам определить механизмы регуляции кровотока в коже. Известно, что для женщин с аperiодическим типом ЛДФ-грамм самый существенный вклад в общую мощность спектра вносит VLF-компонент [6], обусловленный функционированием эндотелия, а именно выбросом вазодилатора NO. На сегодняшний день существуют данные о связи экспрессии гена eNOS (ген эндотелиальной NO-синтазы) и способностью выполнять, тяжелую физическую работу [11, 12]. Это и определяет важность изучения вазодилаторного звена регуляции кровотока, как генетически детерминированного, что важно для вопросов отбора и ориентации тренировочного процесса спортсменок

Также весомым вкладом в общую мощность спектра является LF-компонента, обусловленного миогенной активностью вазомоторов и нейрогенными симпатoadренергическими влияниями на миоциты артериол и артериолярных участков артериовенулярных анастомозов (рис. 1).

Вклад HF и CF компонентов в общую мощность спектра менее весом.

Анализ спектра основных ритмов ЛДФ-грамм аperiодического типа у спортсменок показал существенный вклад VLF-компоненты, который составил 53,6%, что свидетельствует о значительной модуляции потока крови со стороны эндотелиального функционирования. Вклад вазомоторных колебаний в регуляции кожного кровотока у спортсменок составил 28,2%, высокочастотные дыхательные и пульсовые колебания у спортсменок занимали значительно меньшую долю в общем спектре и составили 9,8% и 8,3% соответственно.

Анализ полученных данных о структуре осцилляций кожного кровотока после вестибулярных раздражений у спортсменок свидетельствует о том, что эндотелиальные, вазомоторные и пульсовые ритмы практически не изменялись, в то же время отмечалось увеличение вклада дыхательного компонента с 9,8% до 11,4%, что обусловлено изменением динамики венозного давления при легочной механической активности, присасывающим действием «дыхательного насоса».

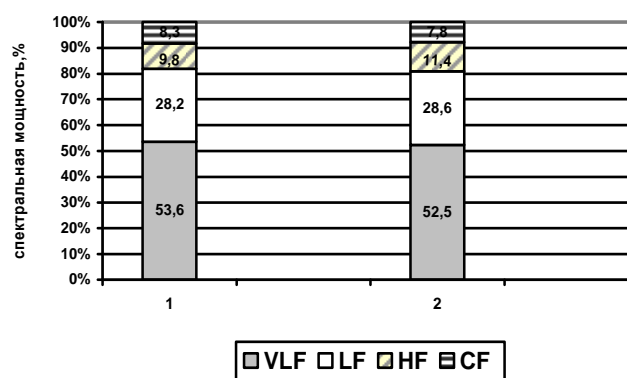


Рис.1. Вклад в общую мощность спектра основных гемодинамических ритмов у спортсменок с аперiodическим типом ЛДФ-граммы (1 – в покое, 2 – после вестибулярных раздражений)

Таким образом, выявлены особенности кожного кровотока спортсменок в покое, а также особенности реакции микроциркуляторного русла при вестибулярных раздражениях заключающиеся в снижении перфузии и модуляции спектра осцилляций кожного кровотока.

#### ВЫВОДЫ

1. На основе сравнительного анализа коэффициента вариации (высокие значения коэффициента вариации – 18,47%) у легкоатлеток тип ЛДФ-грамм наиболее соответствует аперiodическому, что связано с преобладанием активных факторов модуляции кровотока.
2. Выявлены низкие значения уровня перфузии (3,53 перф.ед.) у высококвалифицированных спортсменок, специализирующихся в беге на средние и длинные дистанции, что свидетельствуют об экономизации физиологических процессов.
3. Обнаружены достоверные отличия параметров кожного кровотока спортсменок: при  $p \leq 0,01$  по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с низкой перфузией; при  $p \leq 0,05$  по отношению к женщинам не занимающихся спортом монотонного типа с высокой перфузией.
4. Выявлены особенности механизмов регуляции кожного кровотока у спортсменок, заключающиеся в значительном преобладании эндотелиальных (53,8%) и вазомоторных (28%) ритмов на фоне сниженного вклада веноулярных (9,8%) и пульсовых (8,3%).
5. Определено, что после вестибулярных раздражения у спортсменок происходит модификация спектра осцилляций кровотока за счёт увеличения вклада веноулярного звена (с 9,8% до 11,4%). Полученные данные свидетельствует вестибуловегетативной устойчивости спортсменок в связи с «угрозой» потери равновесия, что позволяет разработать нормативные показатели для проведения диагностики тканевого кровотока при постуральных пробах.

## Список литературы

1. Болобан В. Контроль устойчивости равновесия тела спортсмена методом стабиллографии / Виктор Болобан, Татьяна Мистулова // Физическое воспитание студентов творческих специальностей / ХГАДИ (ХХПИ) – Харьков, 2003. – №2. – С. 24–33.
2. Bretz K. Postural control and movement coordination skill / K. Bretz, R. Kaske // Second World Congress of Biomechanics. Amsterdam – 1994. – P. 99.
3. Кашуба В.А. К вопросу о влиянии гравитационных взаимодействий на формирование геометрии масс тела человека в онтогенезе / В.А. Кашуба // Физическое воспитание студентов творческих специальностей / ХХПИ. – Харьков, 2001. – № 1. – С. 26–30.
4. Хечинашвили С.Н. Вестибулярная функция / Хечинашвили С.Н. // Тбилисский институт усовершенствования врачей. – Тбилиси, 1953. – 331 с.
5. Бабияк В.И. Некоторые сведения о взаимодействии вестибулярного и зрительного анализаторов на уровне глазодвигательного аппарата / В.И. Бабияк // Профессиональный психофизиологический отбор военных специалистов: Сб. науч. трудов. – Л.: 1969. – С. 24–27.
6. Козлов В.И. Лазерная доплеровская флоуметрия и анализ коллективных процессов в системе микроциркуляции / В.И. Козлов, Л.В. Корси, В.Г. Соколов // Физиология человека. – 1998. – Т.24, №6. – С. 112.
7. Чуян Е.Н. Индивидуально-типологические особенности показателей микроциркуляции / Е.Н. Чуян, Н.С. Трибрат, М.Н. Ананченко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2008. – Т. 21(60), № 3. – С. 190–203.
8. Метод лазерной доплеровской флоуметрии в кардиологии / В.В. Бранько, Э.А. Богданова, Л.С. Камшилина [и др.] // Пособие для врачей, М. – 1999 – 48 с.
9. Kvandal P. Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis, and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostangladines / P. Kvandal, A. Stefanovska, M. Veber // Microvasc Res – 2003 – Vol. 65 – P. 160–171.
10. Wilmore J.H. Physiology of sport and exercise / J.H. Wilmore, D.L. Costill / Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2004. – 726 p.
11. Астратенкова И.В. Полиморфизм гена эндотелиальной по-синтазы и физическая активность. / И.В. Астратенкова // Генетические, психофизические и педагогические технологии подготовки спортсменов: сб. научных трудов СПб., 2006. – С. 62–83.
12. Tsukada T. Evidence of association of the eNOS gene polymorphism with plasma NO metabolite levels in humans. / T. Tsukada, K. Yokoyama, T. Arai [et al.] // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 1998. – Vol.245, No 1. – P. 190–193.

**Кровяков В.Ф. Особливості мікроциркуляції в шкірі у спортсменів в умовах вестибулярних роздратувань / В.Ф. Кровяков, К.Д. Савіна, Д.В. Сішко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 93-99.**

Проведено порівняльний аналіз функційного стану регуляторних систем мікроциркуляції в шкірі у спортсменок що спеціалізуються в бігових видах легкої атлетики до і після вестибулярних роздратувань. Показане, що вестибулярне роздратування викликає зміни процесів тканинного кровообігу в шкірі, що виявляється в зміні деяких амплітудних характеристик частотного спектру коливань шкірного кровообігу.

**Ключові слова:** спортсмени, мікроциркуляція в шкірі, ЛДФ-метрія, вестибулярне роздратування.

**Krovykov V.F. Features of microcirculation in skin at sportsmen in the conditions of vestibular irritations / V.F. Krovykov, K.D. Savina, D.V. Syshko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 93-99.**

The comparative analysis of the functional being of the regulator systems of microcirculation is conducted in a skin at the sportswomen of track-and-field (run on 800-5000m) before and after vestibular irritations. It is shown, that vestibular stimulation is causes of changes microcirculation processes in the skin, resulting in a change of some characteristics of the amplitude of oscillations by frequency spectrum of skin blood flow.

**Keywords:** sportsmen, microcirculation in a skin, method LDF, vestibular irritation.

*Поступила в редакцію 19.04.2012 г.*

**УДК 612.822.3+612.825.5**

**СВЯЗЬ МЕЖДУ АКТИВНОСТЬЮ СЕРОТОНИНЕРГИЧЕСКИХ НЕЙРОНОВ  
ЯДЕР ШВА И СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ РИТМОВ ЭЭГ  
БОДРСТВУЮЩЕЙ КОШКИ**

*Куличенко А.М., Павленко В.Б., Дягилева Ю.О.*

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

Анализировали связь между частотой фоновой импульсной активности серотонинергических нейронов ствола мозга и спектральной плотностью мощности частотных компонентов электроэнцефалограммы бодрствующей кошки. Выявлено, что импульсная активность серотонинергических нейронов ядер шва чаще (в 47,6% случаев) коррелировала со спектральной плотностью мощности бета-ритма электроэнцефалограммы. Результаты настоящей работы указывают на возможность рассматривать специфические паттерны ЭЭГ как индикатор активности серотонинергической системы.

**Ключевые слова:** серотонинергические нейроны, импульсная активность, электроэнцефалограмма.

**ВВЕДЕНИЕ**

Несмотря на развитие современных методов диагностики, включая электронно-эмиссионную и магнитнорезонансную томографию, метод электроэнцефалограммы (ЭЭГ) сохраняет определенные преимущества: дешевизну, неинвазивность и возможность отражения согласованности работы структур мозга. Ритмы ЭЭГ, являясь информативными компонентами оценки функционального состояния мозга, генерируются теми же нейрональными системами возбуждения и торможения, которые участвуют в генезе эмоциональных состояний и обработке информации [1–3]. По мнению ряда авторов [4, 5] существенный вклад в паттерн ЭЭГ могут вносить аминергические системы головного мозга. Широко иннервируя различные регионы мозга, а также цепь: кора – базальные ганглии – таламус – кора [6], данные системы модулируют их активность, меняя эффективность синаптической передачи в ее звеньях [7–10]. В проведенных ранее исследованиях обнаружены корреляции частоты фоновой импульсной активности (ФИА) дофаминергических нейронов вентрального тегмента кошки с СМ альфа- и бета- ритмов ЭЭГ [11]. Дофаминергические нейроны ВТ и компактной области черной субстанции и серотонинергические (СТ) клетки дорсальной области ЯШ влияют друг на друга и их взаимодействие, зависящее от типов рецепторов, определяет уровень бодрствования [12]. СТ-система ядер шва (ЯШ), являясь критически важным объединением, в существенной степени участвует в регуляции функций головного мозга, запуске и переключении различных поведенческих состояний [13]. Считается, что главной функцией СТ-системы является активация коры, в конечном итоге обеспечивающая двигательный или иной

поведенческий ответ [14–16]. Однако функциональные особенности упомянутой системы, в том числе связь активности СТ нейронов с амплитудно-частотными характеристиками ЭЭГ, а также возможность использовать паттерн ЭЭГ в качестве индикатора состояния СТ системы остаются недостаточно изученными.

Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение особенностей связи между активностью СТ нейронов и спектральной мощностью (СМ) ритмов ЭЭГ.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Все эксперименты были проведены согласно существующим международным требованиям и нормам гуманного отношения к животным.

Активность нейронов изучали на 3 кошках обоего пола, весом 2.5–4 кг. Перед каждой серией опытов животных обучали спокойно сидеть в течение длительного времени в специальном фиксирующем гамаке, расположенном в звукоизолированной камере. Животных предварительно оперировали под наркозом (нембутал 40 мг/кг, внутривенно). Все оперативные действия проводили с соблюдением принципов асептики и антисептики. Сквозь трепанационное отверстие (диаметр 2,5 мм) в соответствии с координатами атласа Рейнозо-Суареца [17] в мозг животных вводили направляющую канюлю из нержавеющей стали, через которую в дальнейшем выдвигался микроэлектрод. Кончик направляющей канюли в зависимости от задачи исследования располагался в 3-5 мм от дорзального ядра шва (В<sub>7</sub>) (ЯШ). Данное расстояние выбиралось с целью минимизации повреждений структур-мишеней. Канюля вводилась в мозг соответственно стереотаксическим координатам ЯШ наклонно, чтобы избежать попадания в костный намет (20° по отношению к фронтальной плоскости и 15° – по отношению к сагиттальной). Зона отведения нейронной активности ЯШ соответствовала стереотаксическим координатам и Р=–1...–2; L=2...0; H=5...9 мм, соответственно. В лобную кость черепа вкручивали винт, который служил индифферентным электродом при отведении нейронной активности.

ЭЭГ-электроды изготавливали из позолоченной проволоки диаметром 1,0 мм, сгибая ее в виде кольца диаметром 4,0 мм. Активные электроды располагали на костях черепа над лобной, правой и левой височными и затылочной областями коры (лобный и затылочный электроды размещались по сагиттальной линии). Референтный электрод располагался в лобной пазухе. Отводящую поверхность каждого ЭЭГ-электрода помещали в небольшое углубление на кости черепа, сделанное бором; электроды фиксировали с помощью акрилоксида и соединяли с контактами миниатюрного разъема, также закрепленного на черепе. Разъем мог соединяться со входами электроэнцефалографа тонким гибким кабелем, что позволяло регистрировать ЭЭГ у бодрствующего животного. После размещения канюли и ЭЭГ электродов поверхность черепа заливалась акрилоксидом.

Во время каждого опыта параллельную регистрацию импульсной активности СТ нейронов с отведением ЭЭГ у бодрствующих кошек проводили в условиях, приближенных к свободному поведению (в состоянии двигательного покоя). Для внеклеточной регистрации импульсной активности нейронов использовали подвижный электрод из серебряного микропровода (диаметр 12 мкм) в стеклянной изоляции (общая толщина 70 мкм). Сопротивление микроэлектрода не превышало 5 МОм. Перед

каждым опытом микроманипулятор фиксировали на основании направляющей канюли. Затем в исследуемую область погружали микроэлектрод. При этом момент соприкосновения микроэлектрода с мозгом фиксировали по уменьшению электрических помех на экране осциллографа. Глубину погружения электрода в мозг определяли по шкале, нанесенной на корпус оригинального микроманипулятора [18].

Потенциалы действия нейронов, поступали на вход предварительного усилителя. Затем сигналы фильтровались и усиливались с помощью установки УФУ-БК (производства ЭПМ НИИЭМ РАМН, Санкт-Петербург). Полоса пропускания тракта импульсной активности нейронов и ЭМГ составляла 10-10000 Гц. Сигнал поступал на вход звуковой карты компьютера (частота оцифровки до  $4 \cdot 10^4$  Гц) и параллельно на монитор для визуального контроля.

ЭЭГ отводили монополярно с помощью электроэнцефалографа Bioscrypt BST-112 (Германия), сигнал от которого через лабораторный интерфейс SDI-ADC16-16 (выполнен на базе двоянного трехканального 10-разрядного аналого-цифрового преобразователя со временем оцифровки 30 мкс, фирма-производитель «Saturn data international») поступал на вход IBM PC. Частота оцифровки суммарной электрической активности неокортекса составляла  $200 \text{ с}^{-1}$ .

Указанная методика позволяла проводить записи импульсной активности отдельных аминергических нейронов и суммарной электрической активности неокортекса у каждого животного в течение одного – двух месяцев. По окончании всех опытов производили морфологический контроль локализации кончиков электродов на серии фронтальных срезов мозга толщиной 30 мкм; предварительно производили коагуляцию через вживленные электроды (2 мА, 60 с). На сериях срезов (рис. 1) проводили верификацию в соответствии с расположением ядер и структур по стереотаксическому атласу мозга кошки [17].

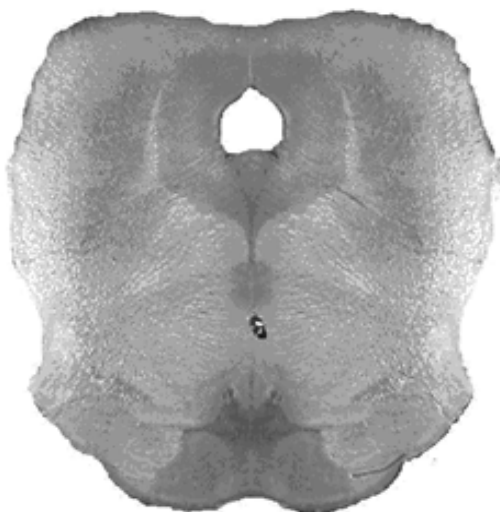


Рис. 1. Фронтальный срез ствола мозга, проходящий через область локализации серотонинергических нейронов ядер шва. (Область локализации метки соответствует области отведения импульсной активности клеток).

К СТ относили клетки на основании локализации коагуляционных меток в стволе мозга и электрофизиологических критериев идентификации, включающих учет длительности (2.0–5.0 мс) и полифазности потенциалов действия, а также частоты разрядов  $< 4 \text{ с}^{-1}$  [19].

Данные эксперимента записывались и обрабатывались off-line с помощью компьютерной программы “EEG Mapping 3”, разработанной программистом Зинченко Е.М. Для обработки выбирали безартефактные записи длительностью 60 сек. В процессе обработки записей нейронной активности выделялись потенциалы действия нейронов. Затем компьютерная программа, разбивая запись на 30 эпох величиной 2,0 с, подсчитывала в каждой из них число потенциалов действия. ЭЭГ этих же эпох подвергали спектральному анализу на основе быстрого преобразования Фурье. Выделяли следующие частотные компоненты: 1–3, 4–7, 8–13, 14–30 и 31–48 Гц (дельта-, тета-, альфа-, бета- и гамма-ритмы соответственно) по которым рассчитывали их значения СПМ ( $\text{мкВ}^2/\text{Гц}$ ).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакетов программ Statistica 6.0. Для описания связей между частотой ФИА аминергических нейронов и значениями СПМ отдельных ритмов ЭЭГ на основе данных по 30 эпохам одновременной записи ЭЭГ и ФИА нейронов рассчитывали коэффициенты ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ). При анализе связи частоты импульсации СТ нейронов со СПМ различных ритмов ЭЭГ оценивали относительные количества случаев, в которых частота ФИА этих нейронов значимо ( $p < 0,05$ ) коррелировала со значениями СПМ данных ритмов в каждом из четырех отведений. Наряду с этим, оценивали степень тесноты связи, выделяя следующие уровни статистически значимых корреляций [20]: если значение  $r$  находилось в пределах 0,31–0,50, связь рассматривалась как умеренная, при  $r = 0,51–0,70$  – как значительная, при  $r = 0,71–0,90$  – как тесная и при  $r \geq 0,91$  – как очень тесная. Остальные подробности методики были описаны ранее [13].

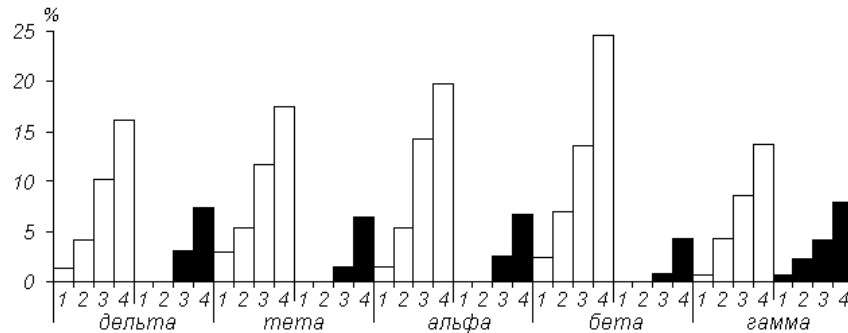
## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В ходе экспериментов была зарегистрирована активность 86 СТ нейронов. Параллельно с отведением активности таких нейронов, ПД которых были, как правило, трехфазными и длительными (не менее 2.5 мс), регистрировалась активность единиц с короткими (порядка 1 мс) двухфазными или практически однофазными ПД. Записи активности таких клеток не включались в исследованную группу предположительно СТ нейронов.

В результате анализа полученных данных обнаружено, что ФИА СТ нейронов ЯШ чаще положительно коррелировала со СПМ бета-ритма ЭЭГ. Доля таких нейронов составила 47,6 % (рис. 2). Также нами выявлено, что частота 41,0 % СТ нейронов положительно и значимо коррелировала с альфа-активностью, 37,4 % – с тета-ритмом, 31,8 % – с дельта-ритмом и 27,3 % – с гамма-ритмом.

В результате анализа полученных записей выявлено, что активность СТ нейронов характеризуется тесной связью со всеми ритмами ЭЭГ. Это может объясняться большей по сравнению с другими медиаторными системами позвоночных степенью разветвленности СТ системы в мозге позвоночных [21].

Предполагается, что нейроны данной системы, посылая эфферентные волокна к многочисленным структурам, участвующим в механизмах генерации и регуляции ритмов ЭЭГ, модулируют их функции.



1 – очень тесная ( $r > 0.91$ ), 2 – тесная ( $r = 0.71-0.90$ ), 3 – значительная ( $r = 0.51-0.70$ ) и 4 – умеренная корреляция ( $r = 0.31-0.50$ ).

Рис. 2. Относительные количества исследованных серотонинергических нейронов (%), проявляющих статистически значимые положительные (белые столбики) и отрицательные (черные столбики) корреляционные связи разной интенсивности со спектральной мощностью ритмов ЭЭГ по всей совокупности отведений.

Как было указано выше 47,6 % СТ нейронов ЯШ проявляли статистически значимую положительную взаимосвязь собственной ФИА с СПМ бета-ритма ЭЭГ. Было показано, что ДА нейроны ВТ и компактной области черной субстанции и СТ клетки дорсальной области ЯШ влияют друг на друга и их взаимодействие, зависящее от типов рецепторов, определяет уровень бодрствования [12]. В экспериментах на крысах [22] показано, что внутриталамическое введение агониста 5-HT<sub>2</sub> рецепторов 1-(2,5-диметокси-4-йодофенил)-2-аминопропана снижает высоковольтную веретеновидную активность, что указывает на способность серотонинергической системы модулировать таламокортикальные осцилляции. Эти результаты согласуются с тем, что повышение уровня ФИА СТ нейронов сопровождается переходом от фазы глубокого сна к состоянию бодрствования и, как следствие, десинхронизацией ЭЭГ [23]. Другими авторами выявлена связь активности СТ нейронов ЯШ как с поведенческой активацией [24, 25], так и состоянием внимания [26]. В экспериментальной модели болезни Альцгеймера на крысах при использовании колхицина вместе со снижением уровня НА, ДА и СТ в коре, гиппокампе и хвостом ядре наблюдалась редукция альфа- и бета-активности [27]. При лечении животных экстрактом *Moringa oleifera* вместе с увеличением содержания моноаминов в мозге и увеличением правильных условно-рефлекторных актов в ЭЭГ наблюдалось увеличение бета- волн.

На основании полученных результатов и литературных данных мы не исключаем, что наблюдаемый на данном уровне активности животного (состояние бодрствования) бета-ритм может быть обусловлен с одной стороны – соответствующим состоянием животного содержанию СТ в ключевых структурах мозга и с другой – относительно высокой активностью СТ нейронов ЯШ.



Обнаруженные корреляции частоты ФИА СТ нейронов со СПМ ритмов ЭЭГ свидетельствуют о том, что данная система нейронов вносит заметный вклад в формирование характерного паттерна ЭЭГ, который, по-видимому, отражает как текущее состояние животного, так и уровень активности системы СТ нейронов. Результаты настоящей работы указывают на возможность использования специфических паттернов ЭЭГ-активности как индикатора состояния системы СТ нейронов ствола головного мозга.

### **ВЫВОД**

Активность серотонинергических нейронов ядер шва характеризуется взаимосвязью со всеми ритмами ЭЭГ кошки. Несколько чаще, по сравнению с другими ритмами, фоновая импульсация этих клеток позитивно коррелирует со спектральной плотностью мощности бета-ритма ЭЭГ.

### **Список литературы**

1. Hariri A.R. Genetics of emotional regulation: The role of the serotonin transporter in neural function / A.R. Hariri, A. Holmes // *Trends Cogn. Sci.* – 2006. – Vol. 10, № 4. – P. 182-191.
2. Martino B. Noradrenergic neuromodulation of human attention for emotional and neutral stimuli / B. Martino, B.A. Strange, R.J. Dolan // *Psychopharmacology.* – 2008. – Vol. 197. – P. 127-136.
3. Dopaminergic Contribution to the Regulation of Emotional Perception / P. Salgado-Pineda, P. Delaveau, O. Blin, A. Nieoullon // *Clin. Neuropharmacol.* – 2005. – Vol. 28, № 5. – P. 228-237.
4. The effect of lesions of catecholamine-containing neurons upon monamine content of the brain and EEG and behavioral waking in the cat / B.E. Jones, P. Bobillier, C. Pinand, M. Jouvet // *Brain Res.* – 1973. – Vol. 58, № 1 – P. 157-177.
5. Lubar J.F. Neocortical dynamics: implication for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention / J.F. Lubar // *App. Psychophys. and Biofeedback.* – 1997. – Vol. 22, № 2. – P. 111-126.
6. Foote S.L. Extrathalamic modulation of cortical function / S.L. Foote, J.H. Morrison // *Ann. Rev. Neurosci.* – 1987. – № 10. – P. 67-95.
7. Berridge C.W. Locus coeruleus-induced modulation of forebrain electroencephalographic (EEG) state in halothane-anesthetized rat / C.W. Berridge, S.L. Foote // *Brain Res. Bull.* – 1994. – Vol. 35, № 5-6 – P. 597-605.
8. Ganguly R. Alteration of brain monoamines and EEG wave pattern in rat model of Alzheimer's disease and protection by *Moringa oleifera* / R. Ganguly, D. Guha // *Indian J. Med. Res.* – 2008. – Vol. 128, № 6. – P. 744-751.
9. Sterman B. Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implication for self-regulation / B. Sterman // *Biofeedback and self-regul.* – 1996. – Vol. 21, № 1. – P. 3-33.
10. Locus coeruleus neuronal activity in awake monkeys: relationship to auditory P300-like potentials and spontaneous EEG / D. Swick, J.A. Pineda, S. Schacher, S.L. Foote // *Exp. Brain Res.* – 1994. – Vol. 101, No 1. – P. 86-92.
11. Фокина Ю.О. Связь между активностью дофаминергических нейронов вентрального тегмента и спектральной мощностью ритмов ЭЭГ бодрствующей кошки / Ю.О. Фокина, А.М. Куличенко, В.Б. Павленко // *Нейрофизиология / Neurophysiology.* – 2008. – Т. 40, № 4. – С. 359-365.
12. Monti J.M. The roles of dopamine and serotonin, and of their receptors, in regulating sleep and waking / J.M. Monti, H. Jantos // *Prog. Brain Res.* – 2008. – Vol. 172. – P. 625-646.
13. Куличенко А.М. Активность нейронов ядер шва мозга кошки при реализации самоиницируемого поведенческого акта / А.М. Куличенко, В.Б. Павленко // *Нейрофизиология / Neurophysiology.* – 2004. – Т. 36, № 1. – С. 56-64.
14. Brain structures involved in the behavioral stimulant effect of central serotonin release / C.H. Vanderwolf, M. McLaughlin, H.C. Dringenberg [et al.] // *Brain Res.* – 1997. – Vol. 772, №. 1/2. – P. 121-134.

15. Dringenberg H.C. Involvement of direct and indirect pathways in electrocorticographic activation / H.C. Dringenberg, C.H. Vanderwolf // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 1998. – Vol. 22, № 2 – P. 243-257.
16. Peck B.K. Effects of raphe stimulation on hippocampal and neocortical activity and behavior / B.K. Peck, C.H. Vanderwolf // *Brain Res.* – 1991. – Vol. 568, №. 1/2. – P. 244-252.
17. Reinoso-Suárez F. *Topographischer Hirnatlas der Katze für experimental-physiologische Untersuchungen* / F. Reinoso-Suárez. – Darmstadt: 1961. – 24 p.
18. Устрійство для хронічної внклеточної реєстрації нейронної активності у вільноподвижних тварин / А.М. Куличенко, В.Б. Павленко, Ю.О. Фокина, А.Г. Ильичев // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»* – 2010. – Т. 23 (62), № 1. – С. 52-57.
19. The ventral tegmental area revisited: is there an electrophysiological marker for dopaminergic neurons? / E.B. Margolis, H. Lock, G.O. Hjelmstad, H.L. Fields // *J. Physiology.* – 2006. – Vol. 577. – P. 907-924.
20. Дворецкий М.Л. *Пособие по вариационной статистике* / М.Л. Дворецкий. – М.: Лесн. пром-сть. 1971. – 104 с.
21. Pineyro G. Autoregulation of serotonin neurons: role in antidepressant drug action Autoregulation of Serotonin Neurons: Role in Antidepressant Drug Action / G. Pineyro, P. Blier // *Pharmacol Rev.* – 1999. – Vol. 51, № 3. – P. 533-591.
22. Modulation of rat neocortical high-voltage spindle activity by 5-HT1/5-HT2 receptor subtype specific drugs / P. Jäkälä, J. Sirviö, E. Koivisto [et al] // *Eur J Pharmacol.* – 1995. Vol. 282, № 1-3. – P. 39-55.
23. In vivomicrodialysis measures of extracellular serotonin in the rat hippocampus during sleep-wakefulness / S.P. Park, A. Lopes-Rodriguez, C.L. Wilson [et al.] // *Brain Res.* – 1999. – Vol. 833, № 2. – P. 291–296.
24. Jacobs B.L. Serotonin and behavior. A general hypothesis. in *Psychopharmacology: The Fourth Generation of Progress* / B.L. Jacobs, C.A. Fornal // NY. Raven Press. – 1995. – P. 461-469.
25. Rueter L.E. A critical review of 5-HT brain microdialysis and behavior / L.E. Rueter, C.A. Fornal, B.L. Jacobs // *Rev. Neurosci.* – 1997. – Vol. 8, № – P. 117-137.
26. On the role of serotonin and effort in voluntary attention: Evidence of genetic variation in N1 modulation / S. Enge, M. Fleischhauer, K.-P. Lesch, A. Strobel // *Behav. Brain Res.* – 2011. –Vol. 216, № 1. – P. 122-128.
27. Ganguly R. Alteration of brain monoamines and EEG wave pattern in rat model of Alzheimer's disease and protection by *Moringa oleifera* / R. Ganguly, D. Guha // *Indian J. Med. Res.* – 2008. – Vol. 128, № 6. – P. 744-751.

**Куличенко О.М. Зв'язок між активністю серотонінергічних нейронів ядер шва і спектральної потужністю ритмів ЕЕГ кішки / О.М. Куличенко, В.Б. Павленко, Ю.О. Дягілева // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”.* – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 100-106.**

Аналізували зв'язок між частотою фонові імпульсної активності серотонінергічних нейронів стовбура мозку і спектральної щільності потужності частотних компонентів електроенцефалограми кішки. Виявлено, що імпульсна активність серотонінергічних нейронів ядер шва частіше (в 47.6% випадків) корелювала зі спектральної щільності потужності бета-ритму електроенцефалограми. Результати цієї роботи вказують на можливість розглядати специфічні патерни електроенцефалограми як індикатор активності серотонінергічної системи.

**Ключові слова:** серотонінергічні нейрони, імпульсна активність, електроенцефалограма, спектральний склад.

**Kulichenko A.M. A link between the activity of serotonergic neurons in raphe nuclei and the spectral power of EEG rhythms awake cats / A.M. Kulichenko, V.B. Pavlenko, Y.O. Dyagileva // *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University.* – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 100-106.**

We analyze the relationship between the frequency of background impulse activity of serotonin neurons in the brain stem and the power spectral density of the frequency components of electroencephalogram awake cats. Revealed that the impulse activity of serotonin neurons in raphe nuclei frequently (in 47.6% of cases) correlated with the spectral power density of beta-rhythm electroencephalogram. The results of this work indicate the possibility of considering the specific patterns of EEG activity as an indicator of serotonin systems.

**Keywords:** serotonin neurons, impulse activity, electroencephalogram, spectral composition.

*Поступила в редакцію 29.04.2012 г.*

**УДК:612.172.1:612.766.1:612.81]-057.875:796**

**КОРРЕКЦИЯ СОСТОЯНИЯ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ  
У ЖЕНЩИН РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
КОМПОЗИЦИИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ «ПОЛИОЛ»**

*Минина Е.Н., Минин В.В.*

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

В группе женщин со сниженными функциональными резервами и низким уровнем физической работоспособности оптимизация механизмов неспецифической резистентности возможна при воздействии эфирных масел в природной концентрации во вдыхаемом воздухе, как внешнего звена саморегуляции. Изучались возрастные особенности применения одоранта «Полиол» в коррекции реакций неспецифической адаптации.

**Ключевые слова:** адаптация, сниженные функциональные резервы, женщины различных возрастов, «Полиол».

**ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что весьма высокая и все возрастающая заболеваемость населения большинства стран является, в первую очередь, следствием уменьшения способности организма к самозащите, результатом снижения его адаптационных возможностей под влиянием комплекса различных факторов внешней среды. Проблему адаптации не случайно называют "проблемой века" [1–3]. Воздействуя на современного человека систематически и во все возрастающем количестве, сильные раздражители - "стрессоры", как и раздражители средней и низкой интенсивности - "субфакторы", приводят к хронической активации адаптационных механизмов - хроническому стрессу здоровых людей. Хотя хронический стресс здоровых людей не является болезнью, он опасен для здоровья, т.к. при наличии обуславливающих факторов может трансформироваться в болезнь. Он снижает защитные силы организма и вводит значительную часть населения в "донозологическое состояние", а потом в патологию [4].

Двигательная активность является одним из ведущих факторов, необходимых для нормальной жизнедеятельности и для противостояния стрессу [1, 2]. Очевидно, её снижение значительно снижают функциональные возможности организма. Изучение особенностей адаптационных процессов и их коррекции у практически здоровых людей, но с различными резервными возможностями, вследствие сниженной двигательной активности, и возрастными особенностями имеет важное значение в повышении эффективности приспособительных механизмов и увеличении уровня здоровья. По данным [3, 5], развитие адаптационных резервов

связанно не только с накоплением системного тренировочного эффекта, но и с перестройкой регуляторных процессов и наличием потенциальных механизмов их реализации в саморегулирующихся адаптивных функциональных системах. Характер изменений взаимоотношений в данных колебательных системах определяет тип реакции и уровень реактивности [3]. Это является основанием для использования биологически активных факторов в малых дозах, в том числе аромавоздействия, с целью оптимизации приспособительных процессов. Однако возрастные особенности применения эфирных масел в природной концентрации во вдыхаемом воздухе, как внешнего звена саморегуляции, нуждается в дополнении и активном научном поиске. Интегральным показателем эффективности развивающихся адаптационных реакций является неспецифическая резистентность, которую обеспечивают многочисленные компоненты крови и, в первую очередь, лейкоциты. В этой связи целью исследования явилось изучить изменения неспецифических реакций адаптации организма женщин 19-20, 35-40 и 55-60 лет с использованием композиции эфирных масел «Полиол».

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании приняли участие 30 студенток 19-20 лет, 15 женщин 35-40 лет и 15 женщин 55-60 лет, не имеющих отклонений в состоянии здоровья, но со сниженными функциональными резервами. Аромавоздействия проводили по стандартной методике [13] ароматерапевтическим средством «Полиол» в течение восьми недель в вечернее время. Гематологическим методом определяли лейкоцитарную формулу унифицированным методом морфологического исследования форменных элементов крови с их дифференцированным подсчетом, в частности подсчитывали общее количество лейкоцитов (10<sup>9</sup>/л), нейтрофилов сегментоядерных и палочкоядерных (%), эозинофилов (%), лимфоцитов (%), моноцитов (%). Исследовали капиллярную кровь, получаемую из прокола пальца руки. Анализ проводили натощак в утреннее время. Оценку адаптивных состояний организма обследованных проводили по методике Гаркави Л.Х. и соавт [6–8].

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Оценивая эффективность адаптации к различным воздействиям, первостепенное внимание обращают на структурно-функциональные перестройки кардиореспираторной системы, являющейся основным энергообеспечивающим звеном организма. Однако в полной мере провести комплексный анализ формирования неспецифической резистентности невозможно без оценки параметров состояний, формирование которых связано с изменениями в нейроэндокринной системе, что проявляется определённым соотношением клеток в лейкограмме. При фоновом сравнении морфологического состава белой крови (табл. 1.) у девушек было выявлено преобладание реакции тренировки с проявлением эозино- и моноцитопении, и реакция повышенной активации у женщин среднего возраста с проявлением незначительной эозинофилии и лейкоцитопении. Уровень реактивности в среднем соответствовал средним этапам в обеих группах. Однако важно заметить, что для женщин 35-40 лет средней уровень

реактивности является возрастной нормой, а для девушек повышение этажей реактивности является признаком снижения возможности, присущей молодому организму, выбирать наиболее выгодные раздражители для саморегуляции [6, 7].

**Таблица 1.**  
**Фоновые показатели лейкограммы женщин разных возрастных групп со сниженным уровнем физической работоспособности ( $\bar{x} \pm Sx$ ), n=60**

Возраст, лет	Показатели белой крови							тип реакции адаптации
	Le 10*9/л	морфологический состав лейкоцитов (%)						
		л	с	л/с	п	э	м	
19-20	5,2±0,5	25,0±1,6	59,4±0,5	0,42±0,10	<b>6,0±0,5</b>	<b>2,3±0,9</b>	<b>4,4±0,9</b>	РТ, напряжённая (1-3ст.)
35-40	<b>4,0±0,9</b>	38,1±1,0	<b>49,4±1,2</b>	0,77±0,10	5,0±0,6	<b>2,5±0,5</b>	4,8±0,5	РПА, напряжённая (0-2ст.)
55-60	<b>3,8±0,4</b>	<b>20,6±1,9</b>	<b>65,8±1,6</b>	0,3±0,1	<b>10,0±0,6</b>	<b>8,3±0,7</b>	<b>2,0±0,9</b>	РТ, напряжённая (2-3 ст.)
P1-P2	-	-	p<0,05	p<0,05	p<0,05	-	-	
P1-P3	-	p<0,05	p<0,05	p<0,05	p<0,001	p<0,01	p<0,01	
P2-P3	-	p<0,05	p<0,01	p<0,01	p<0,01	p<0,001	p<0,01	

*Примечание:* Le-лейкоциты, л-лимфоциты, с- сегментоядерные нейтрофилы, л/с- отношение лимфоцитов с сегментоядерным нейтрофилам, п- палочкоядерные нейтрофилы, э- эозинофилы, м- моноциты, РТ-реакция тренировки, РПА-реакция повышенной активации, РСА-реакция спокойной активации

У женщин пожилого возраста были отмечены в основном реакции хронического стресса и тренировки с высокой степенью напряжения, что соответствует низким уровням реактивности или высоким этапам. У женщин этой группы обнаруженные выраженные эозинофилия, лимфопения и моноцитоз свидетельствовали об относительной глюкокортикоидной недостаточности, что отражало функционирование на высоких энергозатратных этапах антистрессовых реакций.

По данным Гаркави Л.Х. [6–8,], реакции тренировки и активации низких уровней реактивности и стресс – высоких не имеют еще черт явного повреждения, болезни, но приобретающие элементы напряженности и рассогласования работы подсистем организма уже содержат в себе угрозу здоровью. Изменение адаптационного потенциала проявляется в изменении количественного состава лейкоцитарной формулы крови, сопровождающееся напряжением механизмов гомеостатической регуляции и снижением адаптационных возможностей. Неспецифические реакции адаптации сформировались в длительном процессе развития и самоорганизации комплексных защитных реакций, и вероятно могут отражать общие тенденции процессов адаптации в онтогенезе. Важно отметить, что при стрессе и переактивации а так же при увеличении этажности антистрессорных

реакций, значительно снижаются процессы самоорганизации, что проявлялось у женщин пожилого возраста [7].

При изучении возрастных особенностей адапционных реакций и их изменениях с помощью одоранта «Полиол», важно оценить коррекционное значение малых доз эфирных масел на способность выбирать уровень неспецифической адаптивной реактивности. Многими исследователями [3, 5, 6, 9] высказано положение о «сильном влиянии слабых воздействий». Фактически речь идёт о сигнальных информативных воздействиях, которые хотя и являются значительно более слабыми по сравнению с энергетическими, но обладают не меньшим, а в ряде случаев большим действием на организм. Это вероятно объясняется тем, что по мере усложнения природных объектов роль информационных воздействий (кодовых факторов) увеличивается, более того – они становятся управляющими [9–12]. Иными словами высоко организованным системам присущи энергетически неэквивалентные взаимодействия [13].

После проведения одорантокоррекции во всех возрастных группах наблюдался эффект повышения неспецифической резистентности (табл. 2.). Так, увеличение реакций спокойной и повышенной активации высоких и средних уровней реактивности, без признаков напряжения было зафиксировано в 62% случаев (41 человек), что изменило общую картину средних показателей неспецифической реактивности по группам. При изучении возрастных особенностей адапционных реакций и их изменениях с помощью одоранта «Полиол», важно оценить коррекционное значение малых доз эфирных масел на способность выбирать уровень неспецифической адаптивной реактивности.

**Таблица 2.**  
**Показатели лейкограммы женщин разных возрастных групп после одорантокоррекции, ( $\bar{x} \pm Sx$ ), n=60**

Возраст, лет	Показатели белой крови							тип реакции адаптации
	Le 10*9/л	морфологический состав лейкоцитов (%)					м	
		л	с	л/с	п	э		
19-20	7,2±0,5	<b>27,5±1,6</b>	50,1±0,5	0,55±0,10	5,0±0,5	3,8±0,9	6,8±0,9	РСА, напряжённая (0-1 ст.)
35-40	6,4±0,6	38,5±1,0	47,0±1,2	0,82±0,10	5,0±0,6	1,5±0,5	3,8±0,3	РПА, без напряжения
55-60	6,0±0,4	24,6±1,5	60,4±1,6	0,40±0,10	<b>6,0±0,6</b>	<b>5,5±0,4</b>	<b>2,0±0,9</b>	РТ, напряжённая (1-2 ст)
P1-P2	-	p<0,05	-	p<0,01	-	p<0,05	-	
P1-P3	-	-	-	-	p<0,01	-	-	
P2-P3	-	-	p<0,05	p<0,05	p<0,001	p<0,01	p<0,01	

Примечание: обозначения как в таблице 1.

Вероятно, на фоне дополнительного стимулирующего действия эфирных масел на механизмы саморегуляции различных функций последовала более оптимальная активация механизмов нейрогуморальной регуляции. В группе девушек это проявилось сменой реакции тренировки на реакцию спокойной активации, снижением этажности реактивности и уменьшением напряжения реагирования. У женщин среднего возраста в 80,0% случаев было выявлено снижение этажа реактивности с отсутствием реакций напряжения. У женщин пожилого возраста реакция тренировки при первичном обследовании характеризовалась высоким уровнем напряжения, что в значительной степени нивелировалось после коррекции одорантами. У 10 женщин из 15 реакции стресса и тренировки высоких этажей сменились средними этажами реактивности, что изменило средние показатели во всей группе.

Таким образом, композиция эфирных масел «Полиол» [14, 15] в природной концентрации, за 8 недель коррекционных мероприятий изменило способность реагировать на раздражители с проявлением оптимизирующих черт снижения этажа реактивности во всех возрастных группах, а в группе девушек отмечена и смена типа реакции в среднем по группе: реакция тренировки сменилась реакцией спокойной активации.

### ВЫВОДЫ

1. У женщин различных возрастных групп со сниженным уровнем физической работоспособности было выявлено отклонение от оптимального уровня неспецифической резистентности, наиболее выраженное в возрастной группе 55-60 лет, с проявлениями выраженной глюкокортикоидной недостаточности.
2. Коррекция реакций неспецифической адаптации в сторону их оптимизации с использованием эфирных масел в группе со сниженными функциональными резервами и низким уровнем физической работоспособности возможна с учётом исходного уровня и возрастных особенностей.

### Список литературы

1. Аршавский И.А. Роль энергетических факторов в качестве ведущих закономерностей онтогенеза / И.А. Аршавский // Ведущие факторы онтогенеза. – Киев: Наукова думка. 1972. – С. 43–72.
2. Аршавский И.А. Физиологические механизмы и закономерности индивидуального развития / Аршавский И.А. – М.: Наука, 1981. – 282 с.
3. Агаджанян, Н.А. Этюды об адаптации и путях сохранения здоровья / Агаджанян Н.А., Труханов А.И., Шендеров Б.А. – М., 2002. – 156 с.
4. Маляренко Т.Н. Пролонгированное информационное воздействие как немедикаментозная технология оптимизации функций сердца и мозга / Маляренко Т.Н. – Пятигорск, 2004. – 48 с.
5. Ульянов В.И. Определение типа общих адаптационных реакций по лейкоцитарной формуле в практике физической культуры / В.И. Ульянов // Вестник научных исследований. – 1995. – № 5. – С. 19–23.
6. Гаркави Л.Х. Изменение периферической крови и морфологии коры надпочечников под влиянием различных доз облучения / Л.Х. Гаркави, А.К. Мацанов // Функциональное желез внутренней секреции при опухолевом процессе. – Ростов-н/Д, 1973. – С. 182–186.

7. Повышение сопротивляемости организма с помощью адаптационных реакций тренировки и активации на разных уровнях реактивности организма. / Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. [и др.] // Методические рекомендации. – Ростов - на - Дону, 1985.
8. Гаркави Л.Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия. / Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С. – Москва - "ИМЕДИС", 1998. – 330 с.
9. Бурлакова Е.Б. Особенности действия сверхмалых доз биологически активных веществ и физических факторов низкой интенсивности / Е.Б. Бурлакова // Российский химический журнал. – 1999 – Т. XLIII, № 5. – С. 3–11.
10. Княжев В.А. Реабилитационно-оздоровительный метод для лиц, подвергшихся стрессорным и неблагоприятным техногенно-экологическим воздействиям (новые подходы) / В.А. Княжев, Н.А. Фудин // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т.V, № 1. – С. 1–26.
11. Лазарев Н.В. Адаптогены и рак / Н.В. Лазарев // Материалы конф. по опосредованному воздействию на опухолевый процесс. – Л., 1963. – С. 52–55.
12. Пономаренко Г.Н. Основы доказательной физиотерапии. / Пономаренко Г.Н. // СПб.: ВМедА, 2003. – 224 с.
13. Сетров М.И. Информационные процессы в биологических системах. / Сетров М.И. – Л., 1975 – 153 с.
14. Солдатченко С.С. Ароматерапия. Профилактика и лечение заболеваний эфирными маслами / Солдатченко С.С., Кащенко Г.Ф., Пидаев А.В. – Симферополь; «Таврида», 2002 – 43 с.
15. Яковлев Г.М. Резистентность. Стресс. Регуляция. / Яковлев Г.М., Новиков В.С., Хавинсон В.Х. – Л.: Наука, 1990. – 237 с.

**Минина О.М. Корекція стану неспецифічної резистенції у жінок різних віків з використанням композиції ефірних масел «Поліол»/ О.М. Минина, В.В. Минин // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 107-112.**

В групі жінок з пониженими функціональними резервами і низьким рівнем фізичної працездатності оптимізація механізмів неспецифічної резистентності можлива при дії ефірних масел в природній концентрації у вдикуваному повітрі, як зовнішньої ланки саморегуляції. Вивчалися вікові особливості вживання одоранта Поліол в корекції реакцій неспецифічної адаптації.

**Ключові слова:** адаптація, понижені функціональні резерви, жінки різних віків, «Поліол».

**Minina E.N. Correction of the state of heterospecific rezistencii for the women of different ages with the use of composition of essential oils of «Poliol» / E.N. Minina, V.V. Minin // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 107-112.**

In the group of women with mionectic functional backlogs and low level of physical capacity optimization of mechanisms of heterospecific ability to resist is possible at influence of essential oils in a natural concentration in respirable air, as an external link of self-regulation. The age-dependent features of application of odorant of Polioli were studied in the correction of reactions of heterospecific adaptation.

**Keywords:** adaptation, mionectic functional backlogs, women of different ages, «Polioli».

*Поступила в редакцію 17.04.2012 г.*



**УДК [613.68]: 612.2: 612.766.1**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПЕРИОД МНОГОДНЕВНОГО ПЛАВАНИЯ НА ПАРУСНОЙ ДОСКЕ**

*Найдич С.И.*

*РВУЗ Крымский инженерно-педагогический университет, Симферополь, Украина  
E-mail: tournesi@rambler.ru*

Выявлено, что при продолжительном плавании на парусной доске в сложных погодных условиях функции внешнего дыхания испытывают повышенную нагрузку, обеспечивая одновременно несколько важных физиологических процессов – поддержание температурного баланса и энергопродукцию работающих мышц. Таким образом, к спортсменам, занимающимся виндсерфингом должны предъявляться требования к наличию высокого уровня аэробных возможностей организма. Показано, что интегральным показателем функциональных возможностей организма спортсмена-виндсерфингиста может служить динамика величин парциального давления углекислого газа – чем меньшее снижение его величин от исходного уровня во время мышечной деятельности, тем более высокие аэробные возможности организма.

**Ключевые слова:** морское плавание, мышечная деятельность, внешнее дыхание.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Постоянно возрастающее количество людей, принимающих участие в развлекательных и спортивных плаваниях на яхтах и парусных досках, требует более детального изучения физиологических процессов, происходящих в организме человека в процессе адаптации к сложным условиям морского плавания. Плавание связано с непрерывной сменой климатических зон, длительным отрывом от берега, различным спектром деприваций на фоне выраженного эмоционального напряжения, ведущего к формированию хронического стресса [1, 2].

Адаптивные реакции человека в условиях морского плавания изучались преимущественно во время пребывания на моторных судах [1, 2]. Особенности функций внешнего дыхания во время плавания на парусных судах освещены лишь в единичных исследованиях [3–5]. С целью получения новых данных изучались индивидуальные реакции виндсерфингиста во время заплыва длительностью 36 дня и протяженностью 2300 км в акватории Черного моря.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

По условиям плавания спортсмен ежедневно проходил на парусной доске от 70 до 150 км в течение светового дня в сопровождении яхты, переходя на яхту только для ночлега и трехразового кратковременного отдыха (15-20 мин). Погодные условия характеризовались следующими значениями: сила ветра – от 12 до 22 м/сек., температура воздуха – от 26 до 34 градусов, влажность составляла в среднем 72,6%.

Функции внешнего дыхания изучали ежедневно перед выходом в плавание. Методом Дугласа-Холдена определяли следующие значения: уровень потребления кислорода ( $VO_2$ ) и выделения углекислого газа ( $VCO_2$ ), объем легочной вентиляции ( $VE$ ), дыхательный коэффициент ( $R$ ), коэффициент использования кислорода ( $KIO_2$ ). Кроме этого, фиксировались показатели температурного баланса организма спортсмена методом термотопографии - измерением температуры разных участков кожного покрова.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные внешнего дыхания и газообмена, зарегистрированные во время перехода представлены в Таблице 1.

**Таблица 1.**  
**Показатели газообмена у виндсерфингиста во время многодневного плавания**

Дни плавания	Показатели						
	МОД, л/мин	$VO_2$ , мл/мин	$VCO_2$ , мл/мин	$R$ , отн.ед	$KIO_2$ , мл/л	$PAO_2$ , мм. рт. ст	$PAO_2$ , мм. рт. ст.
2	6,2	275	209	0,76	44,4	30,4	123,1
3	5,9	232	155	0,71	39,3	31,2	123,9
4	5,9	285	160	0,56	27,1	29,66	121,6
5	3,9	177	124	0,70	45,4	31,9	122,4
7	6,7	257	174	0,68	38,4	30,6	123,1
8	7,1	272	220	0,81	38,3	30,4	123,1
10	10,6	416	283	0,68	39,2	31,9	121,6
11	6,2	268	186	0,69	43,2	31,9	123,1
12	8,9	350	338	0,97	39,3	38,0	123,1
13	7,6	382	332	0,87	50,3	36,5	123,1
15	10,6	501	476	0,95	47,3	35,0	120,8
16	6,7	257	154	0,60	38,4	27,4	127,7
17	5,3	192	184	0,96	36,2	38,8	117,8
20	3,6	138	97	0,70	38,3	30,4	119,3
23	4,8	237	158	0,67	49,4	29,6	121,6
25	5,3	224	159	0,71	42,3	28,9	124,6
26	6,8	392	302	0,77	57,6	30,4	121,6
27	6,7	270	241	0,89	40,3	31,2	125,4
28	5,1	226	168	0,74	44,3	31,9	120,1
29	7,8	357	346	0,95	45,8	38,0	118,6
30	5,6	241	180	0,75	42,9	35,7	112,5
32	3,6	158	107	0,68	43,9	32,7	119,3
33	7,6	318	289	0,91	41,8	41,0	116,3
34	5,3	250	201	0,80	47,2	35,7	124,6
35	6,7	281	241	0,86	41,9	34,2	120,8
36	6,4	218	244	1,12	34,1	29,6	121,6

Анализ результатов научных исследований начнем с рассмотрения показателей газообмена, поскольку по их значениям можно судить, как о количественных затратах энергии, так и характере энергопродукции. Для получения энергии в большинстве случаев используются реакции окисления углеводов и жиров в определенном соотношении, которое оценивается дыхательным коэффициентом (ДК). ДК определяется как отношение объема выделяемой углекислоты к объему поглощаемого кислорода за определенный промежуток времени. При окислении углеводов ДК равен 1,0, а при окислении жиров - 0,7. Во время выполнения тяжелой мышечной работы величина ДК может быть выше 1,0. Это обусловлено усиленным (избыточным) выведением углекислоты из бикарбонатной буферной системы крови вследствие нейтрализации большого количества недоокисленных продуктов, попадающих в кровь при анаэробном (безкислородном) способе выделения энергии из углеводов. Дыхательный коэффициент у виндсерфингиста постепенно возрастал, достигнув максимума на 12-й день плавания – 0,97. После некоторой стабилизации на уровне 0,74-0,7 он вновь возрос до величины 0,95 на 29-й день плавания.

Полученные данные указывают на то, что во время плавания у виндсерфингиста постепенно происходило изменение характера энергопродукции: более энергетически выгодный процесс окисления углеводов и жиров аэробным (с участием кислорода) способом образования энергии замещался менее эффективным безкислородным механизмом. В дальнейшем, из-за хронического утомления и значительных энерготрат, процессы образования энергии были угнетены. Получался замкнутый круг: значительные физические нагрузки требовали больших затрат энергии, и организм вырабатывал энергию, используя все свои функциональные резервы, но из-за перенапряжения физиологических систем и недостаточного поступления в кровь питательных веществ, происходило переключение на неэффективные схемы образования энергии, приводя, в конечном итоге, к наступлению хронического утомления.

При анализе изменений величины парциального давления углекислого газа ( $P_{ACO_2}$ , рис. 1) была выявлена тенденция к снижению его величины по мере увеличения продолжительности плавания. Так, на финише заплыва снижение уровня  $P_{ACO_2}$  составило 28,4% от исходного, а наибольшее падение отмечалось на 16-й день – 53%. Кроме того, была отменена корреляционная взаимосвязь величины  $P_{ACO_2}$  с уровнем дыхательного коэффициента:  $r = 0,689$ .

Таким образом, можно говорить о развитии двигательной гипокапнии, связанной с продолжительной мышечной деятельностью, что согласуется с исследованиями [6, 7].

Изменения дыхательного коэффициента и парциального давления углекислого газа, зафиксированные в альвеолярном воздухе, показали, что у виндсерфингиста во время плавания отмечались повышение энергозатрат и быстрое ухудшение функционального состояния. По-видимому, это было связано не только с высокой интенсивностью мышечной нагрузки в течение продолжительного времени, но и с неблагоприятными условиями окружающей среды. Известно, что повышенная температура и влажность воздуха значительно затрудняют теплоотдачу, создавая риск перегрева организма. Показано, что температура тела у марафонца,

соревнующегося в жаркий и влажный день, достигала 41°C [8]. При плавании на виндсерфере дополнительное напряжение создает неопределенный гидрокостюм, который может нагреваться до 41°C при температуре воздуха 25°C [9]. Вследствие этого спортсмен сильно перегревается, но поскольку пот, выделяемый рефлекторно и способствующий охлаждению организма, не имеет возможности испаряться через неопределенную ткань, то еще больше усиливается обусловленная мышечной работой гипертермия (повышение температуры мышечных волокон). Это приводит к нарушению терморегуляции и повышению температуры тела. Возникает порочный круг, при котором за счет обильного, но не приносящего пользы потоотделения развивается дегидратация (потеря организмом воды). При этом скорость потоотделения может достигать 1,2-1,5 л в час. Организм человека слабо реагирует на усиленное потоотделение, так как сохранение воды физиологически менее важно, чем поддержание температуры тела в узких пределах. Это приводит к тому, что потеря жидкости с потом за два с небольшим часа соревнований марафонцев достигает 6 л [8].

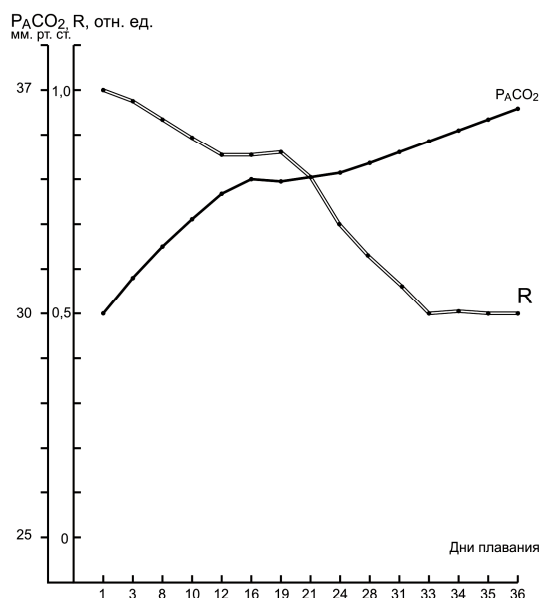


Рис. 1. Сравнительная динамика показателей дыхательного коэффициента (R) и парциального давления углекислого газа ( $P_{ACO_2}$ ) во время плавания.

При анализе температурных показателей (табл. 2) наибольший интерес представляет изменение градиента (разности) между температурой полярных участков тела — подмышки и кисти, подмышки и стопы. Значительное изменение обоих градиентов — «подмышка—кисть» и «подмышка—стопа» проявилось уже на четвертый день перехода; на пятнадцатый день градиенты резко нивелировались,

что свидетельствует о расстройстве механизмов терморегуляции и снижении адаптации в конце плавания; на тридцать третий день пути градиенты составляли наименьшие значения, а уменьшение основной температуры тела составило 0,6 градуса, что указывает на периферический сосудистый тонус и нарушение терморегуляции.

Таблица 2

**Показатели температурного баланса виндсерфингиста во время многодневного плавания**

Дни плавания	Показатели				
	Температура тела, °С	Разность температур тела и кисти	Разность температур тела и стопы	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %
1	36,1	4,9	9,0	23,0	72,1
2	36,1	2,4	4,9	23,2	72,0
3	35,7	4,4	5,8	22,3	71,8
4	36,0	5,7	9,8	23,7	72,4
5	36,2	5,6	6,1	23,2	72,3
6	36,6	4,0	2,8	23,6	72,6
8	36,3	5,6	6,5	26,4	73,1
9	36,1	6,1	4,5	26,6	72,9
11	36,1	6,1	4,5	24,4	72,2
13	36,3	5,7	4,9	22,8	71,9
14	36,3	4,4	4,4	24,1	72,3
15	36,7	3,1	1,9	25,6	72,8
24	36,4	6,7	3,5	25,0	72,0
25	36,8	4,3	2,6	25,9	73,2
26	36,6	5,9	3,1	26,8	73,6
27	36,2	4,1	4,9	27,2	73,1
28	36,7	2,2	2,9	27,9	73,0
29	36,6	4,0	4,9	29,4	74,1
30	36,7	2,0	3,2	29,3	73,9
31	36,7	2,7	4,4	29,0	74,2
33	36,4	1,9	2,6	28,5	73,8
34	36,1	5,7	6,5	27,5	74,0

Таким образом, во время перехода организм виндсерфингиста испытывал постоянное воздействие повышенной температуры и влажности, что усложняло

процесс терморегуляции и довольно быстро приводило к его расстройству, усугубляя тем самым степень физиологического утомления.

### ВЫВОДЫ

1. При продолжительном плавании на парусной доске в сложных погодных условиях функции внешнего дыхания испытывают повышенную нагрузку, обеспечивая одновременно несколько важных физиологических процессов – поддержание температурного баланса и энергопродукцию работающих мышц. Таким образом, к спортсменам, занимающимся виндсерфингом должны предъявляться требования к наличию высокого уровня аэробных возможностей организма.
2. Интегральным показателем функциональных возможностей внешнего дыхания спортсмена-виндсерфингиста может служить динамика величин  $PaCO_2$  – чем меньше снижение его величин от исходного уровня во время мышечной деятельности, тем выше аэробные возможности организма.

### Список литературы

1. Скуратова Л.Я. Наблюдения за состоянием сердечно-сосудистой системы у членов экипажа морских и речных судов. / Л.Я. Скуратова, К.Я. Шишловская– В кн.: Физиология труда. Материалы 5-й Всесоюзной конференции по физиологии труда. – М., 1967 – С. 273.
2. Страхов А.П. Адаптация моряков в длительных океанских плаваниях. / Страхов А.П. – Медицина, Москва, 1976. – 126 с.
3. Состояние проходимости трахеобронхиального дерева в условиях автономного плавания на парусном судне. / Агаджанян и [и др.] – 7 Всероссийский симпозиум, Москва, 1994. Эколого-физиологические проблемы адаптации. – Москва, 1994.
4. Ulrich J. Sportmedizinische Aspekte des Brettsegelns / J. Ulrich // Medizin und Sport. – 1981. – Vol. 21, No. 5. – P. 138–142.
5. Schonle Ch. Elektrolytverlust beim Regatta-Windsurfen. / Ch. Schonle // Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 1983. – No. 3. – P. 93–96.
6. Красников Н.П. Значение газообменной функции легких и кислотно-основного состояния крови в механизме повышения работоспособности и развития мышечного утомления : автореферат дисс. док. биол. наук. / Н.П. Красников — М., 1995.
7. Goutier H. Gaz exchanges during exercise in normoxia and hyperoxia. / Goutier H. // Res.Physiol. – 1978. – Vol. 33. – P. 199.
8. Коц Я.М. Физиология мышечной деятельности. / Коц Я.М. – М., ФИС, 1986.

**Найдич С.И. Вивчення функцій зовнішнього дихання людини в період тривалого плавання на парусній дошці / С.И. Найдич // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 113-119.**

Досліджувались реакції зовнішнього дихання та термотопографії спортсмена-віндсерфінгиста під час тривалого плавання в акваторії Чорного моря. Було виявлено, що в складних кліматичних умовах на фоні тяжких мускульних зусиль система зовнішнього дихання зазнає надмірних навантажень, забезпечуючи одночасно важливі фізіологічні процеси – підтримання температурного балансу та енергопродукцію працюючих мускулів. Також показано, що інтегральним показником функціональних можливостей організму спортсмена-віндсерфінгиста може служити динаміка величин  $PaCO_2$  – чим менше зниження його величини від початкового рівня під час мускульної роботи, тим більш високі аеробні можливості організму.

**Ключові слова:** морське плавання, мускульна діяльність, зовнішнє дихання.

**Naydich S.I. Research of the exterior breathing functions of the windsurfer during long sea sailing / S.I. Naydich** // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 113-119.

The research is based on the analysis of the exterior breathing reaction and thermo topography of a windsurfer while sailing in the Black Sea for many days. It is revealed that during prolonged sailing in unfavorable weather conditions, the exterior breathing functions receive extra wear, providing simultaneously several important physiological processes – keeping temperature balance and energy production of the working muscles. It is explicated that the functional capability of the body can be presented through the dynamic of the following figures: PACO<sub>2</sub> – the slower figures become lower from the starting level during muscles activity, the higher is aerobic potential of the body.

**Keywords:** sea sailing, muscles activity, exterior breathing.

*Поступила в редакцию 11.04.2012 г.*

**УДК 633.81:581.135.5**

## **ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПИТАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И ВЫХОД ЭФИРНОГО МАСЛА *AGASTACHE FOENICULUM* PURSH.**

*Палий И.Н.*

*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, Ялта, пгт. Никита, Украина  
E-mail: runastep@ukr.net*

В статье рассматриваются вопросы изменения структуры урожая и выхода эфирного масла разновозрастных растений *Agastache foeniculum* Pursh. под влиянием минеральных и органических удобрений.

**Ключевые слова:** *Agastache foeniculum* Pursh., эфирное масло.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Растения, как в старину, так и в наши дни продолжают оставаться неисчерпаемым источником для получения физиологически активных, вкусовых и ароматических веществ, которые с успехом применяются в медицине, пищевой и парфюмерно-косметической промышленности. Продукты, полученные из растений, более естественно сочетаются с природой человека, легче им усваиваются и, в отличие от синтетических, реже вызывают побочные эффекты. Особый интерес вызывает представитель семейства *Lamiaceae* – лофант анисовый (*Agastache foeniculum* Pursh.) обладающий комплексом полезных свойств.

При выращивании этой культуры в промышленных условиях рекомендуются применение фосфорно-азотных удобрений. Влияние условий питания на продуктивность биомассы для других культур изучалось многими авторами [1–4]. Однако, вопрос о влиянии корневого питания на урожайность *A. foeniculum* остается не изученным. В связи с этим, цель наших исследований заключалась в выявлении особенностей накопления надземной биомассы, выхода эфирного масла *Agastache foeniculum* в зависимости от условий корневого питания.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Изучался представитель семейства *Lamiaceae* – лофант анисовый (*Agastache foeniculum* Pursh.) – многолетнее травянистое растение. В работе использовался сорт Памяти Капелева селекции НБС-ННЦ.

Варианты опытов:

1. Минеральное (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>) + органическое удобрение (навоз 40 т/га);
2. Органическое удобрение (навоз 40 т/га);
3. Минеральное удобрение (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>);
4. Контроль – почва без внесения удобрений.



Опыты проводились в 10-кратной повторности. Растения выращивались на участках 10х10 метров. Массовую долю эфирного масла в растениях определяли методом гидродистилляции по Гинзбергу А.С. [5] на аппаратах Клевенджера и пересчитывали на абсолютно сухую массу растительного сырья.

Период проведения опытов – с марта по октябрь.

Почва НБС-ННЦ относится к коричневому типу почвы с реакцией pH 7,5-7,8. Содержание валового азота 0,16%, гидролизного 4,7 мг на 100 г почвы. Калия содержится: валового 1,33, подвижного 6,67 мг в 100 г почвы. По содержанию фосфора: валового 0,144%, подвижного 4,1 мг на 100 г почвы. По своим свойствам почва соответствует условиям для выращивания эфиромасличных и лекарственных культур [3].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Массовое цветение у растений *A. foeniculum* первого года вегетации наступает в первой декаде июня, плодоношение – в третьей декаде августа (табл. 1).

Таблица 1

#### Фенофазы развития *Agastache foeniculum* Pursh.

Фенофазы развития	Дата
Начало вегетации	22.03 ± 7
Бутонизация	18.06 ± 6
Начало цветения	28.06 ± 8
Массовое цветение	16.07 ± 7
Конец цветения	21.08 ± 8
Созревание семян	28.08 ± 8

Благодаря наличию многочисленных боковых побегов первого и второго порядков, растения первого года вегетации приобретают вид раскидистого куста, на рост которого оказывают влияние условия выращивания. На показатели высоты и диаметра куста *A. foeniculum* достоверные различия были определены для вариантов №1 и №4. На второй год вегетации габитус куста *A. foeniculum* увеличивается. По сравнению со вторым годом вегетации увеличивается высота растений, количество побегов первого и второго порядка. Определяется влияние условий питания на формирование растения (табл. 2). Количество побегов второго порядка уменьшается от варианта №1 к варианту №4. Количество же побегов первого порядка остается во всех вариантах одинаковым и влияния вносимых удобрений на этот показатель обнаружено не было. Но уже на втором и третьем году вегетации определяется достоверная разница между вариантами №1 и №4. Между вариантами №2-№4 положительного воздействия вносимых удобрений на количество побегов первого порядка обнаружено не было. Такая же тенденция характерна для побегов второго порядка у растений первого, второго и третьего года вегетации (табл. 2).

**Таблица 2**

**Изменение морфометрических показателей *A. foeniculum* Pursh. в период  
массового цветения**

Характеристики	Варианты												НСР <sub>0,05</sub>
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации				
Высота растения, см	115,5	104,5	103,0	97,4	150,0	141,0	140,0	135,0	162,0	152,0	151,0	145,0	4,5
Диаметр, см	98,5	89,3	88,5	82,3	129,5	117,5	116,0	112,0	115,0	106,0	105,0	100,5	5,5
Количество побегов центральных, шт	1,0	1,0	1,0	1,0	14,0	13,0	13,0	12,0	23,5	18,5	18,5	17,5	2,0
1 порядка	18,0	18,0	18,0	18,0	157,5	149,5	148,6	145,5	165,5	150,5	149,5	148,5	5,0
2 порядка	44,0	40,0	40,0	40,0	394,0	380,0	379,1	374,1	445,0	411,0	410,5	409,5	10,0
Длина побега центрального, см	110,5	99,5	98,5	92,4	145,0	136,0	135,0	130,0	157,0	147,0	146,0	140,0	3,5
1 порядка	67,0	56,0	56,0	49,0	61,5	51,0	50,8	45,5	61,3	53,5	53,0	50,5	4,7
2 порядка	3,8	2,2	2,1	1,8	7,0	4,5	4,5	4,0	7,5	4,8	4,7	4,5	1,4
Количество соцветий, шт	34,5	31,5	30,3	28,5	255,0	235,0	234,0	225,0	260,5	240,0	235,5	225,5	7,0

На длину центрального побега влияние условий питания установлено уже между вариантами №1 и №2 для растений первого и второго года вегетации. Для растений третьего года вегетации положительное влияние условий питания было обнаружено между вариантами №1 и №4. На первом году вегетации влияние на длину побегов второго порядка отмечено не было, но для растений второго и третьего года вегетации достоверные различия найдены между вариантами №1 и №4 (табл. 2).

Изменяется и количество соцветий по годам в зависимости от условий питания. Положительного влияния применяемых удобрений на количество соцветий для растений первого года вегетации *A. foeniculum* не наблюдается. Но для растений второго и третьего года вегетации достоверные различия определяются в между вариантами №1 и №2, №3, №4 (табл. 2).

Применяемые удобрения позитивно влияли на длину и диаметр соцветий центральных и боковых побегов *A. foeniculum* (табл. 3).

Активные ростовые процессы наблюдаются до фазы «массовой бутонизации». В фазе «массового цветения» рост практически прекращается, что характерно для разновозрастных растений *A. foeniculum*.

Листья и соцветия являются одними из важных органов, поскольку здесь накапливается наибольшее количество биологически активных веществ. В связи с этим была определена структура урожая *A. foeniculum*. В фазе «массового цветения» урожай надземной массы структурно состоит из 35,6% листьев, 37,2% соцветий и 26,8% стеблей в варианте №1 на первом году вегетации. Для других вариантов

**ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПИТАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ...**

питания соотношение соцветие-лист-стебель изменяется в пределах 2% на протяжении всех лет вегетации. На второй и третий год вегетации отмечаем увеличение массы соцветий, листьев и стеблей. Достоверная разница определяется на уровне варианта №1 и №3, №4 (табл. 4).

**Таблица 3**

**Изменение морфологических характеристик соцветий *A. foeniculum* Pursh.**

Характеристики	Варианты												НСР <sub>0,05</sub>
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации				
Длина соцветий, см													
Центральный побег	13,75	11,85	11,55	10,35	22,85	21,00	20,55	19,15	22,80	20,95	20,50	19,10	0,90
Боковой побег	5,60	4,80	4,70	4,25	9,35	8,65	8,40	7,80	9,35	8,55	8,45	7,80	0,45
Диаметр соцветия, см													
Центральный побег	2,15	1,86	1,85	1,80	3,25	3,10	3,05	2,95	3,20	3,05	3,00	2,90	0,50
Боковой побег	1,75	1,54	1,53	1,50	2,70	2,58	2,53	2,46	2,65	2,52	2,50	2,40	0,50

Применяемые варианты питания оказывают влияние как на надземную часть растения, так и на корневую систему. Достоверные различия определяются между вариантами №1 и №2, №3, №4. Максимальная масса корней наблюдается у растений третьего года вегетации (табл. 4).

**Таблица 4**

**Влияние условий питания на изменение характеристик различных органов растений в разном возрасте *A. foeniculum* Pursh.**

Характеристики	Варианты												НСР <sub>0,05</sub>
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации				
Надземная масса, г	365,5	295,0	275,0	270,0	655,0	560,0	535,5	470,0	715,0	590,0	550,0	495,0	8,6
соцветие	135,9	108,6	102,1	97,2	252,8	214,9	206,5	185,3	280,3	229,2	216,0	199,2	2,7
лист	130,1	103,5	97,8	92,9	212,2	180,7	172,8	152,8	256,0	206,7	194,0	176,6	4,2
стебель	98,0	77,3	72,0	69,0	191,2	163,0	155,4	136,5	180,2	145,7	134,0	118,0	2,2
корень, г	235,8	184,3	171,0	158,8	327,5	284,6	273,3	252,0	357,5	297,0	281,8	263,0	20,2
Соотношение, %													
соцветие	37,2	36,8	36,5	36,0	38,6	38,7	38,5	39,4	39,2	38,8	38,9	40,2	
лист	35,6	35,1	35,0	34,4	32,4	32,2	32,2	32,5	35,8	35,0	35,0	35,7	
стебель	26,8	26,2	26,1	25,5	29,2	29,1	29,0	29,0	25,2	24,7	24,4	24,0	

Сырьем для получения эфирного масла *A. foeniculum* является вся разветвленная масса растений с соцветиями, собранная в фазе «массовое цветение» в сухую,

солнечную погоду [3]. Количество надземной массы зависит от возраста растений. У растений первого года вегетации надземная биомасса минимальна, но на второй и третий год вегетации происходит ее увеличение. Достоверность определяется в вариантах №1 и №2, №3, №4 (табл. 4). С увеличением надземной биомассы увеличивается выход эфирного масла. По сравнению с первым годом на втором и третьем году вегетации массовая доля эфирного масла практически не изменилась, но повысилась продуктивность растения за счет увеличения общей надземной массы (табл. 4, табл. 5).

**Таблица 5**  
**Выход эфирного масла в зависимости от варианта питания *A. foeniculum* Pursh.**

Характеристики	Варианты												НСР <sub>0,05</sub>
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации				
Массовая доля эфирного масла, % от сухой массы	1,43	1,11	0,95	0,81	1,44	1,12	1,00	0,84	1,40	1,10	1,00	0,80	0,30

Таким образом, было установлено, что условия корневого питания оказывают влияние на продуктивность, структуру урожая и выход эфирного масла *A. foeniculum*.

### ВЫВОДЫ

1. Внесение минеральных и органических удобрений изменяет структуру урожая и стимулирует накопление биомассы.
2. Максимальное влияние на продуктивность *A. foeniculum* отмечено на варианте с применением минерального (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>) и органического (навоз 40 т/га) удобрений (вариант корневого питания №1).

### Список литературы

1. Баранина И.И. Влияние минерального питания на фотосинтетическую деятельность озимой пшеницы / И.И. Баранина // Бюллетень Академии Штиинце биологические и химические науки. – 1984. – № 1. – С. 21–26.
2. Казакова А.М. Влияние минеральных удобрений на формирование листовой поверхности и продуктивность фотосинтеза у эспарцета / А.М. Казакова, Н.А. Крамаренко // Научные труды Ставропольского сельскохозяйственного института. – 1975. – Вып. 38. – Т. 1. – С. 122–127.
3. Новые эфирно-масличные культуры: справочник / В.И. Машанов, Н.Ф. Андреева, Н.С. Машанова, И.Е. Логвиненко. – Симферополь : Таврия, 1988. – 160 с.
4. Сабинин Д.А. Физиологические основы питания растений / Сабинин Д.А. – М. : Изд-во АН СССР, 1955. – 512 с.
5. Гинзберг А.С. Упрощенный способ определения количества эфирного масла в эфирноносках / А.С. Гинзберг // Химико-фармацевтическая промышленность. – 1932. – № 8, 9. – С. 326–329.

**Палий І.М. Вплив ґрунтового живлення на формування врожаю та вихід ефірної олії *Agastache foeniculum* Pursh. / І.М. Палий // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 120-125.**

У статті розглянуто питання зміни структури врожаю та виходу ефірної олії різновікових рослин *Agastache foeniculum* Pursh. під впливом мінеральних і органічних добрив.

**Ключові слова:** *Agastache foeniculum* Pursh., ефірна олія.

**Paliy I.N. The influence of the soil nutrition on the harvest formation and essential oils' production for *Agastache foeniculum* Pursh. / I.N. Paliy // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 120-125.**

Changes of the harvest structure and essential oils' production in *Agastache foeniculum* Pursh. plants of different ages under the influence of mineral and organic manures have been discussed in this article.

**Keywords:** *Agastache foeniculum* Pursh., essential oils.

*Поступила в редакцію 16.04.2012 г.*

УДК 543.635.24:543.544:543.215/216:616.15

## ФРАКЦІОНУВАННЯ ПО ЗАРЯДУ ВІЛЬНИХ ОЛІГОСАХАРИДІВ ПЛАЗМИ КРОВІ ПРАКТИЧНО ЗДОРОВИХ ДОНОРІВ

*Письменецька І.Ю.<sup>1</sup>, Баттерс Т.Д.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Дніпропетровська державна медична академія, Дніпропетровськ, Україна*

<sup>2</sup>*Інститут глікобіології Оксфордського університету, Оксфорд, Велика Британія*

*E-mail: pirina2004@list.ru*

Внутрішньоклітинні вільні олігосахариди можуть бути як нейтральними, так і зарядженими, в залежності від їхнього джерела. Робота присвячена дослідженню гетерогенності по заряду вільних олігосахаридів плазми крові, джерела яких досі не з'ясовані. Вільні олігосахариди плазми крові практично здорових донорів розподіляли на фракції незаряджених (нейтральних) та заряджених (кислих) гліканів шляхом іонообмінної хроматографії. Глікани фракцій аналізували нормальнофазовою високоефективною рідинною хроматографією. Показано, що більша частина вільних олігосахаридів – це незаряджені глікани, які концентрувалися у 7 головних піках ВЕРХ-спектру та склалися з 4-8 моносахаридних залишків. Спектр заряджених олігосахаридів характеризувався двома головними піками гліканів з 4-5 та 8-9 моносахаридних залишків.

**Ключові слова:** вільні олігосахариди, плазма крові, іонообмінна хроматографія гліканів, ВЕРХ-спектри гліканів.

### ВСТУП

Вільні олігосахариди (ВО) – незв'язані аналоги гліканів глікокон'югатів – виникають при синтезі та деградації глікопротеїнів, гліколіпідів, протеогліканів та глікозилфосфотидилінозитольних якорів. Внутрішньоклітинні ВО можуть бути як нейтральними, так і зарядженими, в залежності від їхнього джерела.

Глікозилювання глікокон'югатів відбувається шляхом котрансляційного (у ендоплазматичному ретикулумі - ЕПР) чи посттрансляційного (у апараті Гольджі) перенесення вуглеводів на протеїн чи ліпід з подальшою їх модифікацією.

Особливість контрансляційного глікозилювання – це синтез вуглеводу – попередника. Початок синтезу здійснюється на зовнішньому боці мембрани ЕПР поетапним приєднанням моносахаридів до доліхолдіфосфату, а продовжується всередині ЕПР до утворення структури  $\text{Glu}_3\text{-Man}_9\text{-GlcNAc}_2$ , де Glu -це глюкоза, Man - маноза, GlcNAc - N-ацетилглюкозамін. На будь-якій стадії синтезу глікани можуть відщеплюватися від доліхолу з утворенням фосфорильованих (з цитозольного боку) чи нефосфорильованих (всередині ЕПР) вільних олігосахаридів (ВО), які потрапляють до цитоплазми, а потім до лізосом та у обох компартментах клітини поступово розщеплюються [1]. Так, на цитозольному боці ЕПР процес деглікозилювання під дією пірофосфатази призводить до появи олігоманозидфосфатів – фосфорильованого  $\text{Man}_5\text{-GlcNAc}_2$  та, можливо,  $\text{Man}_5\text{-}$

GlcNAc<sub>2</sub> [2]. Всередині ЕПР зрілий глікан-попередник може відщеплюватися від носія та переноситися до цитозолу. Таким чином з'являються нейтральні вільні олігосахариди – поліманозні глікани з залишками глюкози [3].

Асоційована з ендоплазматичним ретикуломом деградація (ERAD – endoplasmic reticulum associated degradation) є також джерелом нейтральних ВО – продуктів розщеплення глікопротеїнів з порушенням фолдінгу – Man<sub>7</sub>-GlcNAc<sub>2</sub>, Man<sub>6</sub>-GlcNAc та Man<sub>5</sub>-GlcNAc [4–6].

Процес глікозилювання у апараті Гольджі може бути джерелом ВО за рахунок зворотньої ретротранслокації до ЕПР глікопротеїнів з аберантною структурою [7, 8]. Деградація глікокон'югатів у лізосомах призводить до появи сialьованих гліканів та продуктів їхнього поетапного розщеплення [9].

З якого компарменту чи компартментів клітини (цитозолу, ЕПР, апарату Гольджі чи лізосом), за яким механізмом та які саме вільні олігосахариди потрапляють до плазми крові – невідомо. Ретельний аналіз структури гліканів може дати на це відповідь.

У попередніх дослідженнях були отримані ВЕРХ-спектри загального пулу вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів [10]. Метою даної роботи було з'ясування того, гомогенний чи гетерогенний цей пул по заряду.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Плазма крові практично здорових донорів (n=10) була зібрана у Дніпропетровській медичній академії. Донори були у віці від 46 до 52 років.

У роботі застосовували реактиви фірм VWR International та Sigma-Aldrich.

Депротейнізацію нативної плазми проводили шляхом осадження білків 10% трихлорцтовою кислотою (ТХО) з наступним центрифугуванням впродовж 10 хвилин при 3000 об/хв. [11]. Залишки білків з плазми вилучали шляхом фільтрації за допомогою фільтру з гідрофільною поліфлуороетиленовою (PTFE) мембраною (Millex-LH, 0.45 μm, Millipore Corp., США) згідно [12]. Для вилучення глюкози з біологічної рідини застосовували адсорбційну хроматографію на пористому графіті з використанням колонки PGC (Thermo Electron Corp., Runcorn, UK) на 1мл (25мг/мл) згідно з методикою [12].

Вільні олігосахариди маркували 2-амінобензойною (антраніловою) кислотою - 2-AA (Sigma - Poole, Dorset, Велика Британія) згідно з методикою, наведеною у роботі Neville D.C.A. et.al. [13]. Очищення 2-AA-маркованих олігосахаридів проводили шляхом твердофазної екстракції на колонках Speed SPE Cartridges Amide-2, (Applied Separations, США) [12].

Марковані глікани поділяли на нейтральні та заряджені іонообмінною хроматографією на QAE- Sephadex (Q25-120) після нанесення їх на колонку та промивки Milli-Q™ H<sub>2</sub>O шляхом елюції нейтральних гліканів оцтовою кислотою, а заряджених - амоній ацетатом згідно з Neville D.C.A. et al.[13].

Аналіз маркованих олігосахаридів проводили шляхом нормальнофазової вискоєфективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) на хроматографі фірми Waters (Велика Британія) з колонкою 4.6x250-mm TSK gel-Amide 80 (Anachem, Luton, Beds, Велика Британія) згідно з методикою, наведеною у роботах Neville D.C.A. et.al.

[13,14]. Хроматографічні піки характеризували у глюкозних одиницях (ГО) шляхом порівняння із глюкозними олігомерами частково гідролізованого декстрану в якості зовнішнього стандарту згідно з Neville D.C.A. et al.[13].

Для збору та обробки даних застосовували комп'ютерні програми Waters Millennium чи Waters Empower, Peak Time та Microsoft Office Excel 2003.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Загальний пул вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів було проаналізовано с точки зору поліморфності по заряду. ВО розподіляли на 2 фракції – нейтральні (незаряджені) та кислі (заряджені) глікани – шляхом іонообмінної хроматографії та аналізували загальний пул та кожен з фракцій нормальнофазовою високоефективною рідинною хроматографією. Досліджували олігосахариди, що мали у своєму складі 4 та більше моносахаридних залишків, тому аналізували ВЕРХ-спектри у відрізьку часу від 20 до 45 хвилин.

Аналіз спектрів виявив гетерогенність ВО плазми крові по заряду – рис.1. Переважну більшість гліканив складали нейтральні ВО (1В) і лише незначна частина приходилася на кислі олігосахариди (1С).

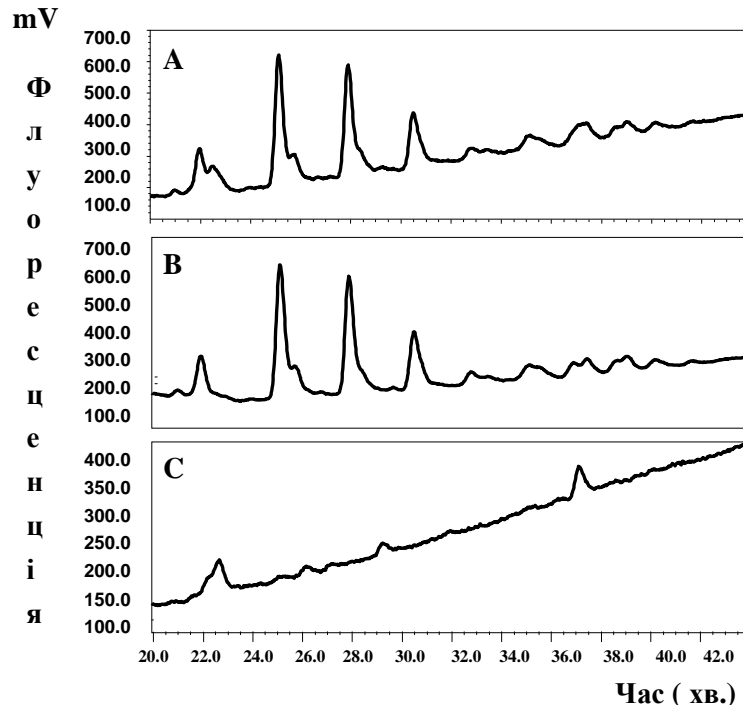


Рис.1. ВЕРХ-спектри загальних (А), незаряджених (В) та заряджених (С) вільних олігосахаридів плазми крові практично здорових донорів



Фракція незаряджених ВО – це 7 з 9 головних піків загального ВЕРХ- спектру, серед яких всі піки з найбільшою концентрацією: I -  $4,08 \pm 0,003$  ГО, III –  $4,40 \pm 0,009$  ГО, IV –  $5,01 \pm 0,003$  ГО, V –  $5,69 \pm 0,002$  ГО, VI –  $6,40 \pm 0,003$  ГО, VII –  $7,08 \pm 0,01$  ГО, VIII –  $7,85 \pm 0,008$  ГО. ВО цієї фракції складаються з 4-8 моносахаридних залишків (рис.2). Фракція заряджених ВО – це 2 піки загального ВЕРХ-спектру з протилежних кінців хроматограми: II –  $4,28 \pm 0,006$  ГО та IX –  $8,62 \pm 0,02$  ГО. Крім того, хроматографія виявила деяку кількість кислих ВО з дуже низькою концентрацією, на що вказують мініорні піки між 2-х попередньо вказаних.

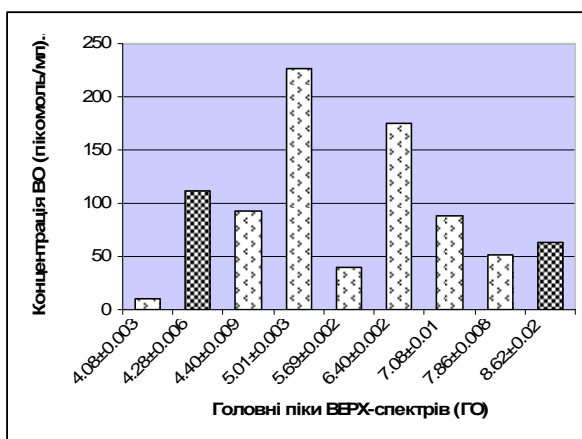


Рис.2. Розподіл вільних олігосахаридів головних піків ВЕРХ-спектрів плазми по заряду:

□ – нейтральні (незаряджені), ▨ - кислі (заряджені) олігосахариди

Всередині клітини головним джерелом незаряджених вільних олігосахаридів, що складаються з 5-7 моносахаридних залишків, є цитозоль. Тому можна припустити, що вільні олігосахариди плазми крові практично здорових донорів – це переважно глікани цитозолу клітин – продукти початкового етапу синтезу глікокон’югатів та асоційованої з ендоплазматичним ретикуломом деградації. Але остаточно це може підтвердити тільки детальний структурний аналіз. Джерел кислих ВО плазми крові може бути декілька – внутрішньоклітинні (ЕПР, лізосоми) чи зовнішні (в наслідок відщеплення гліканів від глікокон’югатів глікозидазами на поверхні клітин чи ферментами плазми). Але дуже мала кількість кислих ВО наштовкує на думку про якісь незначні порушення у внутрішньоклітинному везикулярному транспорті ВО (наприклад, від апарату Гольджі чи зовнішньої мембрани клітини до лізосом). Але це – лише припущення, яке потребує додаткових досліджень.

## ВИСНОВКИ

1. Вільні олігосахариди плазми крові практично здорових донорів гетерогенні по заряду. Серед них зустрічаються як нейтральні, так і заряджені молекули.

2. Більша частина вільних олігосахаридів – 7 головних піків спектру – плазми крові практично здорових донорів – це незаряджені глікани, що складаються переважно з 4-8 залишків моносахаридів. Лише незначна частина незаряджених гліканів має 9 та більше моносахаридів у своєму складі.
3. Фракція заряджених гліканів має 2 головних піки – це олігосахариди, які складаються переважно з 4-5 моносахаридів (перший пік) та з 8-9 моносахаридів (другий пік). Невелика кількість заряджених гліканів з дуже низькою концентрацією розподілилася в інтервалі хроматограми між 2 головними піками.

### ПОДЯКИ

Роботу було виконано при підтримці міжнародного гранту EMBO (ASTF201-2010) та Інституту глікобіології Оксфордського університету (м.Оксфорд, Велика Британія) у лабораторії доктора Террі Д. Баттерса (Terry D. Butters).

### Список літератури

1. Vleugels W. Identification of phosphorylated oligosaccharides in cells of patients with a congenital disorders of glycosylation (CDG-I) / W.Vleugels, S. Duvet, R. Peanne, A.M.Mir [et al.] // *Biochimie*. – 2011. – Vol. 93, №5. – P.823– 833.
2. Different fates of the oligosaccharide moieties of lipid intermediates / R. Cacan, C. Villers, M. Belard [et al.]. // *Glycobiology*. – 1992. – Vol. 2. – P. 127–136.
3. Moore S.E. Endoplasmic reticulum-to- cytosol transport of free polymannose oligosaccharides in permeabilized HepG2 cells / S.E. Moore, C. Bauvy, P. Cordogno // *EMBO J*. – 1995. – Vol.14. – P. 6034–6042.
4. Benyair R. Protein quality control, retention, and degradation at the endoplasmic reticulum / R Benyair., E. Ron, G.Z. Lederkremer // *Int Rev Cell Mol Biol*. – 2011. – Vol. 292. – P.197–280.
5. Parodi A.J. Role of N-oligosaccharide endoplasmic reticulum processing reactions in glycoprotein folding and degradation / A.J. Parodi // *Biochem J*. – 2000. – Vol. 348. – P.1–13.
6. Hoseki J. Mechanism and components of endoplasmic reticulum associated degradation / J. Hoseki, R. Ushioda, K. Nagata // *J. Biochem*. – 2010. – Vol.147, № 1. – P.19–25.
7. Yanagida K. Structural diversity of cytosolic free oligosaccharides in the human hepatoma cell line, HepG2 / K.Yanagida, S. Natsuka, S. Hase // *Glycobiology*. – 2006. – Vol.16, № 4. – P. 294–304.
8. Kukushkin N.V. Demonstration that endoplasmic reticulum-associated degradation of glycoproteins can occur downstream of processing by endomannosidase / N.V.Kukushkin, D.S. Alonzi , R.A. Dwek, T.D. Butters // *Biochem J*. – 2011.– Vol.438, №1. – P.133–142.
9. Winchester B. Lysosomal metabolism of glycoproteins / B. Winchester // *Glycobiology*.- 2005. – Vol.15, № 6. – P.1R–15R.
10. Письменецька І.Ю. Вільні олігосахариди плазми крові практично здорових донорів / І.Ю. Письменецька, Т.Д. Баттерс // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2012. –Т.25 (64) , №1. – С.182–187.
11. Письменецька І.Ю. Хроматографічний аналіз іммобілізованих на паперових носіях модельних олігосахаридів / І.Ю. Письменецька, Т.Д. Баттерс // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2011. –Т.24 (63) , №4. – С.183–191.
12. Glucosylated free oligosaccharides are biomarkers of endoplasmic- reticulum alpha-glucosidase inhibition / D.S. Alonzi, D.C. Neville, R.H. Lachman [et al.] // *Biochem J*. – 2008. – Vol. 409, №2. – P.571–580.
13. Analysis of fluorescently labelled glycosphingolipid-derived oligosaccharides following ceramide glycanase digestion and anthranilic acid labelling / D.C. Neville, V. Coquard, D.A. Priestman [et al.] // *Anal Biochem*.-2004. – V.331. – P.275–282.

14. Neville D.C. Development of a single column method for the separation of lipid- and protein-derived oligosaccharides / D.C. Neville, R.A. Dwek, T.D. Butters // J. Proteome Res. – 2009. – Vol.8. – P.681–687.

**Письменецкая И.Ю. Фракционирование по заряду свободных олигосахаридов плазмы крови практически здоровых доноров / И.Ю. Письменецкая, Т.Д. Баттерс // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С.126-131.**

Внутриклеточные свободные олигосахариды могут быть как заряженными, так и нейтральными, в зависимости от источника. Работа посвящена исследованию гетерогенности по заряду свободных олигосахаридов плазмы крови, источники которых пока не выяснены. Свободные олигосахариды плазмы крови практически здоровых доноров разделяли на фракции незаряженных (нейтральных) и заряженных (кислых) гликанов методом ионообменной хроматографии. Гликаны фракций анализировали нормальнофазовой высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ). Было показано, что большая часть свободных олигосахаридов – это незаряженные гликаны, которые концентрировались в 7 главных пиках ВЭЖХ-спектра и состояли из 4-8 остатков моносахаридов. Спектр заряженных олигосахаридов характеризовался двумя главными пиками гликанов из 4-5 и 8-9 моносахаридных остатков.

**Ключевые слова:** свободные олигосахариды, плазма крови, ионообменная хроматография гликанов, ВЭЖХ-спектры гликанов.

**Pismenetskaya I.U. Fractionation by charge of blood plasma free oligosaccharides of practically healthy volunteers / I.U. Pismenetskaya, T.D. Butters // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 126-131.**

Intracellular free oligosaccharides can be both neutral and charged depending on their sources. The work is devoted to the study of charge heterogeneity of blood plasma free oligosaccharides, the sources of which are still not understood. Blood plasma free oligosaccharides of practically healthy donors were separated into fractions of uncharged (neutral) and charged (acidic) glycans with ion-exchange chromatography. Glycans of the fractions were analyzed by normal-phase high performance liquid chromatography (NPHPLC). It has been shown that most of the free oligosaccharides are uncharged glycans concentrated in 7 main peaks of the HPLC-profiles and consisted of 4-8 monosaccharides. The spectrum of charged oligosaccharides has been characterized by two main peaks of glycans with 4-5 and 8-9 monosaccharides.

**Keywords:** free oligosaccharides, blood plasma, ion-exchange chromatography of glycans, HPLC-profiles of glycans.

*Поступила в редакцию 21.04.2012 г.*

УДК 574.47:599.32:599.36/.38

## ВИДОВОЙ СОСТАВ, ЧИСЛЕННОСТЬ И ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ЕЛАНЕЦКАЯ СТЕПЬ»

Русев И.Т.<sup>1</sup>, Закусило В.Н.<sup>1</sup>, Кириченко В.Е.<sup>2</sup>, Овчаров А.А.<sup>1</sup>, Соколовский Д.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГУ Украинский научно-исследовательский противочумный институт им. И. И. Мечникова,  
Одесса, Украина

<sup>2</sup>Николаевская областная санитарно-эпидемиологическая станция, Николаев, Украина  
E-mail: rusevivan@ukr.net

Природный заповедник Еланецкая степь в Николаевской области – одно из немногих мест в Украине, где сохранилась нетронутая целинная степь. В результате эколого-эпизоотологического обследования территории заповедника в весенне-летний период 2006 г. впервые установлено, что в степи обитает 7 видов мелких млекопитающих. Доминирующим на период наблюдений видом была мышь лесная *Apodemus (Sylvaemus) sylvaticus*, субдоминантным – полевка обыкновенная *Microtus arvalis*. Остальные виды, даже с учетом статистического разброса данных, встречались в отловах с частотой не превышающей 7%. Результаты серологических исследований не исключают возможность циркуляции на территории заповедника возбудителя особо опасной инфекции – туляремии, что свидетельствует о необходимости более детального экологического и эпизоотологического мониторинга природного комплекса.

**Ключевые слова:** мелкие млекопитающие, клещи, туляремия, целинные степи.

### ВВЕДЕНИЕ

Зона степей в Украине протянулась по всему югу и юго-востоку страны. Биоразнообразие таких степных ландшафтов уникально и разнообразно. Однако, степи как природный ландшафт, стремительно сокращаются в площади. Только на территории Украины за последнее столетие распаханно более 80% территории исконных степей [1]. Естественная растительность степей сохранилась в настоящее время преимущественно на территориях природно-заповедного фонда и военных полигонах, среди которых наиболее крупный участок целинной степи в 11054 га находится в биосферном заповеднике «Аскания-Нова» [2]. Есть небольшой участок на бывшем военном полигоне в Тарутинском районе Одесской области, зарезервированном под создание регионального ландшафтного парка [3]. Значительная площадь целинной степи еще сохранилась и в границах действующего Широколановского военного полигона в Николаевской области, а также на небольших участках в северной части этой области. Здесь, в 1984 году на территории Еланецкого и Новоодесского районов Николаевской области Украины был создан заказник Еланецкий, на базе которого в 1996 Указом Президента Украины был учрежден природный заповедник «Еланецкая степь». На площади в 1675.7 гектаров,

здесь в первозданном виде сохранились целинные степные ландшафты, а также уникальная степная флора и фауна, среди которых и группа мелких млекопитающих.

Одним из объектов мониторинга природных биоценозов являются мелкие млекопитающие, к которым относят мелких грызунов и насекомых. Они являются весьма важным компонентом териофауны любого природного комплекса, в том числе и таких, как степные экосистемы. При этом, численность, биотопическое распределение, соотношение в доминировании являются одной из важных характеристик состояния фаунистического комплекса. Природные степные ценозы природного заповедника «Еланецкая степь» до настоящего времени практически обследованы не были. Поэтому, представленные результаты исследования являются первой публикацией о видовом составе, биотопическом распределении и численности мелких млекопитающих этого региона.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эколого-эпизоотологическое обследование природного заповедника «Еланецкая степь» проводили в рамках двухстороннего договора о научном сотрудничестве между Украинским научно-исследовательским противочумным институтом им.И.И.Мечникова и природным заповедником «Еланецкая степь».

Экспедиционные полевые работы проводили в апреле 2006 г. – первый рекогносцировочный выезд на территорию заповедника для оценки весенней численности мелких млекопитающих и в июне 2006 г. - для выявления видового состава и оценки численности зверьков в летний период.

В ходе полевой работы проводили визуальные наблюдения за местностью и описывали основные элементы ландшафта. Мелких млекопитающих учитывали общепризнанным методом живоловками Шермана. Ловушки расставляли через 5 метров в линию. Иксодовых клещей учитывали на флаго-час. Поселения курганчиковой мыши *Mus spicilegus*, колонии обыкновенной полевки и крапчатого суслика *Citellus (Spermophilus) suslicus*, а также гнезда хищных птиц выявляли на пеших маршрутах.

Всего за период обследования пройдено 20 км пеших маршрутов. Установлено 1200 ловушек в четырех типах биотопов, накоплено 5 флаго-часов по сбору иксодовых клещей.

Расчет процентного отношения и доверительного интервала проводили по стандартной методике, однако, при нулевом значении расчет проводили по формуле Ван-дер-Вардена, а при малых выборках – по Фишеру [4]. В отдельных случаях достоверность различия рассчитывали методом  $\chi^2$ , т.к. он более точен по сравнению с процентным отношением [5]. Степень многообразия рассчитывали по формуле предложенной И.И. Шмальгаузенем [6], представляющей собой модификацию индекса Шеннона.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

#### Результаты обследования в весенний период

За период весеннего обследования пройдено 20 км пеших маршрутов. Установлено 300 ловушек в четырех типах биотопов, накоплено 5 флаго-часов. При

этом, выявлен следующий видовой состав и установлена численность мелких млекопитающих в весенний период (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Видовой состав и численность млекопитающих весной 2006 г**

Биотоп	Число ловушек	Вид мелких млекопитающих	Число отловленных особей	Относительная численность по видам	
				%	$\Delta_{(95)}$
Лесополоса	25	Мышь лесная	4	18.6	14,0
		Мышь курганчиковая	0	3.7	7,0
Непаханая степь	175	Мышь лесная	7	4	3,8
		Мышь курганчиковая	1	0.6	1,1
Перелог	50	Мышь лесная	1	3.8	3,8
Пойма балки	50	Мышь лесная	1	5.6	5,4
Итого	300		14	4.7	2,4

Как видно из представленных в таблице 1 данных, весной 2006 года было отловлено только 2 вида мелких млекопитающих: мышь курганчиковая (*Mus spicilegus*) и мышь лесная *Apodemus (Sylvaeomus) sylvaticus*. В лесополосе в этот период преобладает мышь лесная. В то же время в типчаково-ковыльной степи было отловлено больше мыши лесной, однако учитывая малый объем выборок различие с остальными биотопами статистически не достоверно. Как показывает статистика, при выставлении 25 ловушек и нуле попадания расчет по формуле Фишера дает доверительный интервал от 0% до 10.7%, т.е. даже при значительной численности животные могут не попасться. По этой же причине нельзя говорить об отсутствии в зоне мониторинга других видов; действительно, исследования, проведенные во второй декаде июня подтвердили это положение.

В ходе обследования территории заповедника установлено, что мышь курганчиковая слабо заселяет или вообще не селится в типичной типчаково-ковыльной степи (не было обнаружено ни одного курганчика). Не отмечена она нами и на участках переложной степи – на землях, свободных уже девятый год от распахов.

Курганчики были обнаружены вне заповедника на полях скошенной пшеницы (не вспаханы) и полях скошенного подсолнечника (не вспаханы). Там число курганчиков на 1 га составило в среднем соответственно 50 и 70 шт.

На перелогах обитает полевка обыкновенная. Число колоний на 1 га достигало 50. В среднем их число составило 15 колоний на 1 га. Отсутствие ее в отловах ловушками "Геро" в определенной мере можно объяснить низкой численностью вида. Малая выборка (50 ловушко-суток) не позволила выявить ее в этот период, тогда, как, летом при увеличении ловушко-суток в 5 раз она была отловлена.

При обследовании степных участков за пределами границ заповедника выявлена одна колония крапчатого суслика. Однако численность его на момент обследования была низкой – не более 15 жилых нор.

### Результаты обследования в летний период

Всего было обследовано 4 различных биотопа, характерных для данного региона: непаханая степь, лесополоса, перелог и пойма балки (практически те же самые, что и обследованные в весенний период). При этом в тех биотопах, где весной выборка была малой, количество ловушко-суток было увеличено в 3-5 раз. Видовой состав и количество отловленных животных по биотопам представлены в таблице 2 и на рис.1.

Как видно из представленных данных, всего на всей территории обнаружено 6 видов мелких млекопитающих: 5 видов грызунов (мышевидные и хомяковые) и 1 вид насекомоядных (землеройковые). Суммарно на всей территории доминирует мышь лесная<sup>1</sup> ( $9.7 \pm 1.9\%$ ), субдоминантным видом можно считать полевку обыкновенную ( $3.6 \pm 1.2\%$ ) – различие статистически достоверно. Остальные 4 вида попадаются с частотой, не превышающей 1% даже с учетом доверительного интервала: мышь домовая (*Mus musculus*)  $0,1 \pm 0.2\%$ , мышь курганчиковая (*Mus spicilegus*)  $0,4 \pm 0.4\%$ , хомячок серый (*Cricetulus migratorius*) –  $0.6 \pm 0.4\%$ , бурозубка малая (*Sorex minutus* L.)  $0.6 \pm 0.5\%$ .

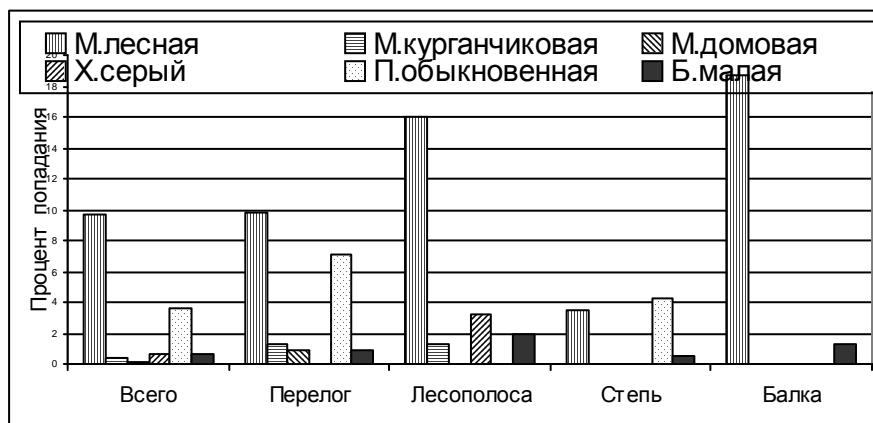


Рис.1. Соотношение видов в сообществе мелких млекопитающих в различных биотопах природного заповедника «Еланецкая степь», (по данным числа попадания в ловушки, в %)

По количеству отловленных особей, соответственно, их удельному весу в сообществе, виды располагаются следующим образом: мышь лесная –  $65.9 \pm 8.1\%$ , полевка обыкновенная –  $24.2 \pm 7.3\%$ , бурозубка малая –  $3.8 \pm 3.3\%$ , хомячок серый –  $3.7 \pm 2.9\%$ , мышь курганчиковая –  $3.0 \pm 2.5\%$ , мышь домовая –  $1.4 \pm 1.4\%$ .

<sup>1</sup> В отловах, вероятно, попадалась и малая лесная мышь *Apodemus (Sylvaemus) uralensis*, однако из-за нечеткости критериев диагностики мы ее не выделяли в отдельный вид, а относили ее к обыкновенной лесной мыши *Apodemus (Sylvaemus) sylvaticus*

**Таблица 2**  
**Видовой состав и численность мелких млекопитающих в природном заповеднике "Еланецкая Степь" (в процентах попадания в ловушки)**

Биотоп	Ловушко-ночей	Всего видов	Степень многообразия	Отловленные виды (количество особей и % попадания)												Всего отловлено	
				Мышь лесная		Мышь Курганчиковая		Мышь домовая		Хомячок серый		Полевка Обыкновенная		Бурозубка малая			
				Кол-во	% $\pm\Delta_{(95)}$	Кол-во	% $\pm\Delta_{(95)}$	Кол-во	% $\pm\Delta_{(95)}$	Кол-во	% $\pm\Delta_{(95)}$	Кол-во	% $\pm\Delta_{(95)}$	Кол-во	% $\pm\Delta_{(95)}$	Кол-во	% $\pm\Delta_{(95)}$
Степь	375	3	1.17	13	3.5 $\pm 1.9$	-	-	-	-	-	-	16	4.3 $\pm 2.0$	1	0.5 $\pm 0.5$	30	8.0 $\pm 2.7$
Перелог	225	5	1.49	22	9.8 $\pm 3.9$	2	1.3 $\pm 1.2$	1	0.9 $\pm 0.9$	-	-	16	7.1 $\pm 3.4$	1	0.9 $\pm 0.9$	42	18.7 $\pm 5.1$
Пойма балки	150	2	0.22	28	18.7 $\pm 6.2$	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.3 $\pm 1.3$	29	19.3 $\pm 6.3$
Лесополоса	150	4	1.08	24	16.0 $\pm 5.9$	1	1.3 $\pm 1.3$	-	-	4	3.2 $\pm 2.6$	-	-	2	2.0 $\pm 1.8$	31	20.7 $\pm 6.5$
Всего	900	6	1.40	87	9.7 $\pm 1.9$	3	0.4 $\pm 0.4$	1	0.1 $\pm 0.2$	4	0.6 $\pm 0.4$	32	3.6 $\pm 1.2$	5	0.6 $\pm 0.5$	132	14.7 $\pm 2.3$

*Примечание:* Прочерк в таблице означает, что животных данного вида отловлено не было. Однако, расчет по формуле Ван-дер-Вардена показывает, что при выборке 375 ловушко-ночей ни одно животное может не попасться, если они встречаются с частотой менее 0.8%. Для выборок 225 и 150 ловушко-ночей частота встречаемости, при которой ни одно животное может не попасться составляет соответственно 1.3% и 2.0%.

Из обследованных биотопов наибольшим разнообразием видового состава мелких млекопитающих характеризуется перелог – 5 видов из 6 зарегистрированных на всей территории. В этом биотопе выявлен и наибольший показатель степени многообразия (1.49): имеются фактически 2 доминантных вида мышь лесная (9.8 $\pm$ 3.9%) и полевка обыкновенная (7.1 $\pm$ 3.4%), различие статистически не доказано. Остальные 3 вида присутствуют в количестве от 1 до 2%. Чуть беднее видовой состав выявлен в лесополосе – 4 вида, степень многообразия 1.08. В этом биотопе четко доминирует мышь лесная (16.0 $\pm$ 5.9%), субдоминантного вида как такового нет, а остальные 3 вида могут встречаться примерно с одинаковой частотой (с учетом статистического разброса) около 3%. В непаханой степи было выявлено только 3 вида, причем мышь лесная и полевка обыкновенная встречались почти с равной частотой, около 4% (различие не достоверно), а бурозубка малая попадалась в ловушки не более, чем в 1%. Наиболее бедным биотопом по видовому составу мелких млекопитающих оказалась пойма балки. Здесь было выявлено только 2 вида, при безусловном доминировании мыши лесной – 18.7 $\pm$ 6.2%. С лесополосой различие в частоте встречаемости на грани достоверности ( $\chi^2 = 3.24$ ), если бы выборка была чуть больше оно, безусловно, было бы достоверным; с перелогом и степью различие высоко достоверно,  $\chi^2$  равен соответственно 14.01 и 17.27 (ошибка значительно менее 1% при допустимых в



медико-биологических исследованиях 5%). Бурозубка малая в этом биоценозе попадалась с частотой около 1%, степень многообразия ценоза 0.22, что говорит о его высокой стабильности в состоянии доминирования мыши лесной.

Интересно отметить, что редко попадающийся на этой территории вид бурозубка малая с низкой частотой (не более 2%) присутствовал во всех изученных биотопах, это же относится и к доминантному виду мыши лесной – она присутствовала и доминировала в 3-х биотопах, а в степи встречалась с той же частотой, что и полевка обыкновенная. Остальные 3 вида обнаруживались не во всех биотопах: в перелогe отсутствовал хомячок серый, в лесостепи – мышь домовая и полевка обыкновенная, в степи – мышь курганчиковая, мышь домовая и хомячок серый, в пойме балки вообще, как сказано выше, обнаружены только доминирующая мышь лесная и в незначительном количестве бурозубка малая.

Суммарно по всем видам в лесополосе, перелогe и пойме балки доля попадания мелких млекопитающих составила около 20% и в пределах 95-процентного доверительного интервала эти три биотопа достоверно не отличаются друг от друга. В степи доля попадания была статистически достоверно в 2-2.5 раза ниже, чем в указанных трех биотопах и составила  $8.0 \pm 2.7$ . В целом по всем биотопам этот показатель составляет  $14.7 \pm 2.3$ .

По архивным данным Украинского научно-исследовательского противочумного института в целом по Николаевской области за 20 лет (с 1980 по 2000 год) этот показатель составил  $11.45 \pm 0.1\%$ , т.е. можно считать, что численность мелких млекопитающих на обследованной территории статистически достоверно на 3% выше многолетнего показателя в целом по области. Учитывая наши данные по динамике численности мелких млекопитающих в Николаевской области за указанный период (рис.2), можно отметить, что в области было 3 пика численности: в 1980-81гг., 1988-1989гг. и в 1999г. т.е. с периодом 8-9 лет, процент попадания возрастал до 17-22%. Таким образом, если выявленная тенденция справедлива, то в период обследования мы наблюдали именно очередной подъем численности по Николаевской области.

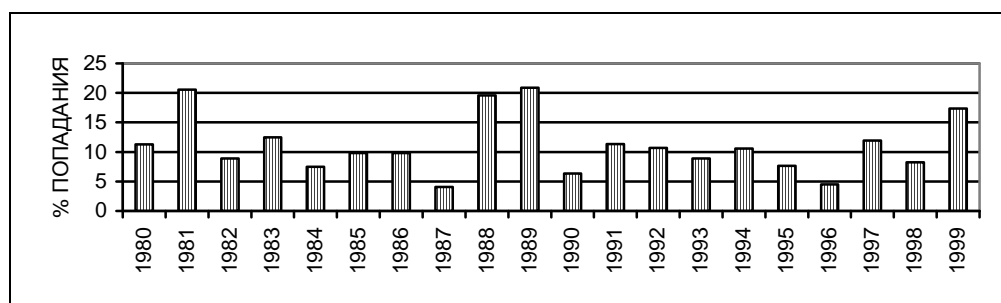


Рис.2. Динамика численности мелких млекопитающих в Николаевской области (по данным числа попадания в ловушки, в %%)

В таблице 3 представлены данные о возрастном и половом составе мелких млекопитающих суммарно по всем биотопам обследованной территории.

Из представленных данных видно, что только по мышам лесной и полевке обыкновенной (доминантный и субдоминантный виды) данные позволили провести статистическую обработку, по остальным видам было отловлено мало животных.

**Таблица 3**  
**Половой и возрастной состав мелких млекопитающих, отловленных на территории заповедника "Еланецкая Степь" (суммарно по всем биотопам)**

Вид	Всего отловлено	Взрослые						Молодые (неполовозрелые)					
		♀ + ♂		♀		♂		♀ + ♂		♀		♂	
		кол-во	% ±Δ <sub>(95)</sub>	кол-во	% ±Δ <sub>(95)</sub>	кол-во	% ±Δ <sub>(95)</sub>	кол-во	% ±Δ <sub>(95)</sub>	кол-во	% ±Δ <sub>(95)</sub>	кол-во	% ±Δ <sub>(95)</sub>
Мышь лесная	87	70	80.5 ±8.3	37	42.5 ±10.4	33	37.9 ±10.2	17	19.5 ±8.3	9	10.3 ±6.4	8	9.2 ±6.1
Полевка обыкновенная	32	13	40.6 ±17.0	7	21.9 ±14.3	6	18.8 ±13.5	19	59.4 ±17.0	11	34.4 ±16.5	8	25.0 ±15.0
Хомячок серый	4	0		0		0		4		1		3	
Бурозубка малая	5	5		5		0		0		0		0	
Мышь курганчиковая	3	2		2		0		1		0		1	
Мышь домовая	1	1		1		0		0		0		0	
Всего	132	91	68.9 ±7.9	52	39.4 ±8.3	39	29.5 ±7.8	41	31.1 ±7.9	21	15.9 ±6.2	20	15.2 ±6.1

*Примечание:* Процентное отношение и 95% доверительный интервал рассчитан только для первых двух видов, т.к. малая выборка остальных не позволила провести статистическую обработку.

Исследования позволили установить, что в популяции мыши лесной взрослые животные статистически высоко достоверно в 4 раза встречаются чаще, чем молодые (доверительные интервалы не перекрываются,  $\chi^2 = 62.16$ ). Как у взрослых, так и у молодых животных отмечается практически поровну самцов и самок. У полевки обыкновенной поровну регистрируется как взрослых, так и молодых животных, как самцов, так и самок. Аналогичная картина наблюдается и для отдельных биотопов (табл.4).

Из иксодовых клещей в период наблюдения были обнаружены только 2 вида 2х родов: *Rhipicephalus sanguineus* и *Haemophysalis punctata* при явном доминировании *Rhipicephalus sanguineus* (31 экземпляр 96.9±6.0% и 1 экземпляр 5.9±5.9% соответственно).

Весь добытый полевой материал (мелкие млекопитающие, иксодовые клещи) был исследован в Украинском НИПЧИ им. И.И.Мечникова на вирусные

(арбовирусы) и бактериальные инфекции (туляремия<sup>2</sup>). Лабораторные исследования на арбовирусы были отрицательными. Однако, в результате серологических исследований иксодовых клещей на туляремию был выявлен антиген, что свидетельствует о циркуляции возбудителя на территории природного заповедника «Еланецкая степь».

Таблица 4

**Распределение взрослых и молодых самцов и самок мелких млекопитающих по биотопам на территории заповедника "Еланецкая Степь"**

Биотоп	Виды	Всего	Взрос- лые ♀♀	Взрос- лые ♂♂	$\chi^2$ V♀/V♂	Моло- дые ♀♀	Моло- дые ♂♂	$\chi^2$ M♀/M♂	$\chi^2$ взрослые / молодые
Перелог	М.лесная	22	10	11	0,000	1	0	-	32,815
	М.курганчиковая	2	2	0	-	0	0	-	-
	М.домовая	1	1	0	-	0	0	-	-
	П.обыкновенная	16	5	5	0,000	3	3	0,000	1,125
	Б.малая	1	1	0	-	0	0	-	-
Лесополоса	М.лесная	24	8	11	0,421	4	1	0,000	14,083
	М.курганчиковая	1	0	0	-	0	1	-	-
	Х.серый	4	0	0	-	1	3	0,000	0,000
	Б.малая	2	2	0	-	0	0	-	-
Степь	М.лесная	13	6	5	0,000	1	1	-	9,846
	П.обыкновенная	16	2	1	-	8	5	0,615	10,125
	Б.малая	1	1	0	-	0	0	-	-
Балка	М.лесная	28	13	6	7,789	3	6	0,000	5,785
	Б.малая	1	1	0	-	0	0	-	-

Полученные позитивные на туляремию результаты требуют дальнейших зоологических исследований по выявлению новых видов млекопитающих и иксодовых клещей, способных вовлекаться в эпизоотийный процесс, а также налаживанию постоянного эпизоотологического мониторинга за природными экосистемами заповедника.

**ВЫВОДЫ**

1. Всего на обследованных территориях заповедника выявлено 7 видов мелких млекопитающих, 6 видов грызунов (сусликовые, мышевидные и хомяковые) и 1 вид насекомоядных (землеройковые).
2. Численность мелких млекопитающих в весенний период очень низкая. Зверьки в основном были сосредоточены в лесополосах.
3. Доминантным видом среди мелких млекопитающих является мышь лесная, составляя  $65.9 \pm 8.1\%$  от общего количества в отловах.
4. Субдоминантным видом является полевка обыкновенная, составляя  $24.2 \pm 7.3\%$  от общего количества в отловах. Отличие с мышью лесной и остальными видами статистически достоверно.

<sup>2</sup> Исследования на туляремию иксодовых клещей были проведены в лаборатории ООИ Николаевской областной санитарно-эпидемиологической станции

5. Численность крапчатого суслика низкая и поселения этого грызуна были сосредоточены за пределами границ заповедника.
6. В типичной непаханой степи мышь курганчиковая встречается крайне редко.
7. На перелогах фоновым видом является полевка обыкновенная. В ловушки попадает с той же частотой, что и мышь лесная, но при этом регистрируется большое количество ее колоний.
8. Численность иксодовых клещей в весенне-летний период довольно низкая. Выявлены 2 вида *Rhipicephalus sanguineus* и *Haemophysalis punctata*.
9. В результате серологических исследований иксодовых клещей на туляремию был выявлен антиген, что свидетельствует о циркуляции возбудителя на территории природного заповедника «Еланецкая степь».
10. Полученные материалы по видовому составу и численности мелких млекопитающих, а также позитивные на туляремию результаты серологических исследований требуют налаживания постоянного экологического и эпизоотологического мониторинга за природными экосистемами заповедника.

#### Список литературы

1. Warner R. Biodiversity Assessment for Ukraine. / Warner R., Borok A., Gibson D., Rusev I. – Chemonics International Inc., Washington, D.C. and Environment International Ltd., Seattle, Washington. – August, 2001. – 40 p.
2. Русев И.Т. Редкие птицы Тарутинской степи / И.Т. Русев // Рідкісні й зникаючі птахи північно-західного Причорномор'я. – Одеса. – 2011а. – С. 75–80.
3. Попова Е.Н. Создание регионального ландшафтного парка «Тарутинская степь» – путь к сохранению биоразнообразия степных экосистем и развитию / Е.Н. Попова, И.Т. Русев // Тез. докл. всеукр. научно-практич. конф. Екологія міст та рекреаційних зон. – 3-4 червня 2010 р. – Одеса. – С. 281–287
4. Сепетлиев Д. Статистические методы в научных медицинских исследованиях. / Сепетлиев Д. – М., 1968. – 420 с.
5. Урбах В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. / Урбах В.Ю. – М., 1975. – 295 с.
6. Шмальгаузен И.И. Кибернетические вопросы биологии. / Шмальгаузен И.И. – Новосибирск, 1968. – 224 с.

**Русев И.Т. Видовий склад, чисельність та епізоотологічне значення дрібних ссавців природного заповідника «Єланецький степ» / І.Т. Русев, В.М. Закусило, В.Е. Кириченко, О.О. Овчаров, Д.О. Соколовський // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 132-141.**

Природний заповідник Єланецький степ у Миколаївській області – одне з небагатьох місць в Україні, де зберігся недоторканий цілинний степ. У результаті еколого-епізоотологічного обстеження території заповідника у весняно-літній період 2006 р. уперше встановлено, що в цьому степу живе 7 видів дрібних ссавців. Домінуючим на період спостережень видом була миша лісова *Apodemus (Sylvaemus) sylvaticus*, субдомінантним – нориця звичайна *Microtus arvalis*. Інші види, навіть із урахуванням статистичного розбігу даних, зустрічалися у вилогах із частотою не більш як 7%. Результати серологічних досліджень не виключають можливість циркуляції на території заповідника збудника особливо небезпечної інфекції – туляремії, що свідчить про необхідність більш детального екологічного та епізоотологічного моніторингу природного комплексу.

**Ключові слова:** дрібні ссавці, кліщі, туляремія, цілинні степи.

**Rusev I. Species composition, numbers and epizootological importance of small mammals in natural reserve "Elanetskaya steppe"/ I. Rusev, V. Zakusilo, V. Kirichenko, A. Ovcharov, D. Sokolovsky // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 132-141.**

The natural reserve of Elanetskaya steppe in the Nikolaev oblast - one of the few places in Ukraine, which preserved untouched virgin steppe. As a result of the ecological and epizootological monitoring of the territory of the reserve in the spring-summer period of 2006 year for the first time it is established that, 7 species of small mammals living in this steppe biotope. Dominant species during observation period was a forest mouse *Apodemus (Sylvaeus) sylvaticus*, subdominant species - common vole *Microtus arvalis*. Other species, even taking into account the statistical spread of the data, met in the catches with a frequency not exceeding 7%. The results of the serological test does not exclude the possibility of the circulation on the territory of the reserve pathogen of tularemia as especially dangerous infections, which suggests a need for a more detailed environmental and epizootological monitoring of the natural complex.

**Keywords:** small mammals, ticks, tularemia, virgin steppe.

*Поступила в редакцию 14.04.2012 г.*

**УДК 594:124:094.3 (262.5)**

## **ОЦІНКА СТАНУ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ ЧОРНОМОРСЬКИХ МІДІЙ ПІД ВПЛИВОМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ**

*Семенова О.О.*

*Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, Одеса, Україна  
E-mail: masterkristi@rambler.ru*

Проведено вивчення стану антиоксидантної системи чорноморських мідій під впливом важких металів при харчовому їх надходженні у організм, і при надходженні у розчиненому стані. Показано, що попадання усіх досліджених металів у організм незалежно від способу потрапляння, призводить до активізації супероксиддисмугазно – каталазної системи та збільшенню рівня маланового діальдегіду. Глутатіонова система реагує вибірково на потрапляння, різних металів. До міді та свинцю вона є чутливою, а на кадмій не реагує. Характер реакції глутатіонової системи на потрапляння металів залежить від шляху їх попадання у організм. При потраплянні металів у розчиненому виді активізувався окислюваний потенціал цієї системи, а при потраплянні з їжею – ввідновлювальний.

**Ключові слова:** чорноморська мідія, антиоксидантна система, важкі метали.

### **ВСТУП**

Важкі метали відносяться до небезпечних забруднювачів водного середовища. Вплив їх на гідробіонти є безумовним фактом [1, 2]. Являючись важливими мікроелементами клітин та приймаючи участь у фізіолого – біохімічних процесах деякі важкі метали у певних кількостях викликають незворотні зміни у клітинах. Мідь займає особливе місце серед важких металів виступаючи, як особливо небезпечний токсикант і в той же час, як кофактор деяких ферментативних систем [3, 4]. Кадмій та свинець відносяться до особливо небезпечних, у певних кількостях, для гідробіонтів. Характерною особливістю цих токсикантів є гальмування багатьох фізіологічних та біохімічних процесів, інактивація ферментативних процесів в обміну речовин та поділу клітин [5, 6].

У сучасній науковій літературі, висвітлені окремі процеси метаболізму вуглеводів, ліпідів, білків, роль тіолово-вмісних сполук за дії важких металів на організм, вплив їх на травну систему молюсків, зокрема мідій [7, 8]. Праць присвячених вивчення стану антиоксидантної системи чорноморських мідій під впливом важких металів, які потрапляють у організм різними шляхами – з їжею та у розчиненому стану не має.

Метою нашого дослідження було оцінити стан антиоксидантної системи чорноморських мідій під впливом важких металів – міді, кадмію та свинцю при їх надходженні у організм з морської води та з їжею.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Експериментування проводили на чорноморських мідіях *Mytilus galloprovincialis* Lam. чорної морфи розміром 3,5 – 4,0 см. Відновлені мідії на протязі однієї години транспортувалися у лабораторію, де розміщувалися у акваріум. Період адаптування тривав 5 діб, після чого молюски використовувалися для дослідів у лабораторних умовах. В якості споживачів факторів металів використовувалися водорості різних систематичних груп: *Dunaliella salina* Teod, *Thalassiosira psaudonana* (Hustedt) Hasle et Heimdal, *Pavlova lutheri* (Droop) Green.

Експеримент тривав 3 доби, на протязі яких воду у акваріумах, де витримувалися молюски не змінювали. Для дослідів використовували хлориди міді, кадмію та свинцю у концентраціях  $0,1 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ ;  $1,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ ;  $10,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ . Кількість повторних експериментальних та контрольних варіантів у кожній серії дослідів складала 8 – 10.

На протязі першої серії експериментів мідії, що були внесені у профільтовану морську воду, годувалися водоростями, що були попередньо експоновані у середовищах з хлоридами міді, кадмію та свинцю у відповідних концентраціях.

Водорості, які використовувалися як споживчі фактори, були у такій чисельності, щоб кількість міді, кадмію та свинцю у них відповідала вмісту його при різних концентраціях  $0,1 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ ;  $1,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ ;  $10,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$  в морській воді.

Вміст міді, кадмію та свинцю у водоростях та чорноморських мідіях після ліофілізації певних зразків визначали за допомогою полум'яного фотометру.

Показники антиоксидантної системи визначали згідно з загальноприйнятими методами [9–15]. Результати дослідження представлені середніми величинами з їх середніми похибками ( $M \pm m$ ). Статистична обробка проводилася за допомогою програми "STATGRAPHICS" та метода Стьюдента [16–19].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Як проказники антиоксидантної системи мідій були обрані наступні біохімічні тести: активність глутатіонпероксидази, глутатіонредуктази, супероксиддисмутази, каталази, пероксидази, відновленого глутатіона і малонового діальдегіду.

Сукупність цих біохімічних тестів дозволяє повною мірою оцінити антиоксидантної статус і потенціал тканини.

Оскільки раніше ми встановили, що насичення тканин металами в більшості випадків спостерігається на другу або третю добу експозиції мідій з солями важких металів або водоростями, що заздалегідь накопичили ці метали, і при максимальних концентраціях цих металів, ми для дослідження антиоксидантної системи мідій використовували тридобову експозицію і максимальну концентрацію досліджених металів.

Отримані результати свідчать про наявність істотних перебудов в антиоксидантної системі мідій під дією високої концентрації  $\text{CuCl}_2$ . Відмінності статистично достовірні ( $p \leq 0,05$ ).

Аналіз стану глутатіонової системи в тканинах мідій (гепатопанкреасі, зябрах, нозі) під дією хлориду міді показує, що активність глутатіонпероксидази в тканинах

мідій, що знаходилися три доби у воді з концентрацією  $\text{CuCl}_2$   $10,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$  істотно зменшувалася.

Найбільшою мірою це спостерігалось в зябрах і у меншій мірі - в гепатопанкреасі і нозі.

Активність глутатіонредуктази, навпаки, знижувалася в усіх досліджених органах. Також падав рівень відновленого глутатіона (табл. 1). Порівняння результатів свідчить, що в глутатіоновій системі тканин відбувається зниження відновлювального потенціалу за рахунок зниження активності редуктази.

Стан комплексу ферментів, що відповідають за утилізацію перекисів і перекисних радикалів, - супероксиддисмутази, каталази і пероксидази показує, що активність супероксиддисмутази під дією міді в усіх досліджених органах істотно підвищується.

**Таблиця 1**  
**Стан глутатіонової системи тканин мідій при потраплянні у організм важких металів у розчиненому стані з води (третя доба експерименту)**

Біохімічні тести		Глутатіонпероксидаза (мкм PSSP/мг·білка, хв.)	Глутатіонредуктаза (мкм НАДФН/мг·білка, хв.)	Відновл. глутатіон (мкм ГSH/мг білка)	
$\text{CuCl}_2$	гепатопанкр	контроль	$35 \pm 3$	$95 \pm 10$	$1,0 \pm 0,2$
		експ-т	$54 \pm 5^*$	$72 \pm 7$	$0,4 \pm 0,1^*$
	зябри	контроль	$38 \pm 4$	$148 \pm 16$	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$72 \pm 6^*$	$94 \pm 9^*$	$0,2 \pm 0,1$
	нога	контроль	$30 \pm 3$	$45 \pm 5$	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$44 \pm 5^*$	$28 \pm 3^*$	$0,2 \pm 0,1$
$\text{CdCl}_2$	гепатопанкр	контроль	$35 \pm 3$	$95 \pm 10$	$1,0 \pm 0,2$
		експ-т	$38 \pm 4^*$	$100 \pm 11^*$	$1,2 \pm 0,1^*$
	зябри	контроль	$38 \pm 4$	$148 \pm 16$	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$43 \pm 4^*$	$154 \pm 17^*$	$0,5 \pm 0,1^*$
	нога	контроль	$30 \pm 3$	$45 \pm 5$	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$33 \pm 3^*$	$48 \pm 5^*$	$0,6 \pm 0,1$
$\text{PbCl}_2$	гепатопанкр	контроль	$35 \pm 3$	$95 \pm 10$	$1,0 \pm 0,2$
		експ-т	$72 \pm 1^*$	$65 \pm 7^*$	$0,4 \pm 0,2^*$
	зябри	контроль	$38 \pm 4$	$148 \pm 16$	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$88 \pm 2^*$	$206 \pm 19^*$	$0,2 \pm 0,2$
	нога	контроль	$30 \pm 3$	$45 \pm 5$	$0,4 \pm 0,1$
		експ-т	$76 \pm 2^*$	$102 \pm 9^*$	$0,1 \pm 0,1$

Примітка: значення чисельності клітин  $10^3 \cdot \text{мл}^{-1}$

\* різниця вірогідна при  $p \leq 0,05$

Паралельно із збільшенням активності супероксиддисмутази ми спостерігали збільшення активності каталази. Таке синхронне збільшення активності цих двох ферментів легко пояснити, якщо врахувати, що робота супероксиддисмутази



полягає в перетворенні радикалів супероксидних аніонів на перекис водню, який є субстратом для каталази. Активність пероксидази в цих умовах не змінювалася, що можна пояснити її низькою активністю і здатністю розщеплювати переважно органічні перекиси.

Як наслідок процесів утворення і метаболізму перекисів, підвищувався в усіх досліджених тканинах вміст малонового діальдегіду (табл. 2).

**Таблиця 2**  
**Стан супероксиддисмутазно - каталазної системи тканин мідій при потрапленні в організм важких металів у розчиненому стані з води (третя доба експерименту)**

Біохімічні тести		Супероксиддисмутаза (мкм НАДН/мг білка, хв)	Пероксидаза (мкм H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /мг білка, хв.)	Каталаза (мкм H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /мг білка, хв.)	Малоновий діальдегід (мкм GSH/мг білка)	
CuCl <sub>2</sub>	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	1844 ± 191*	9 ± 1	654 ± 57	1231 ± 122
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 1661
		експ-т	3234 ± 357*	4 ± 1	922 ± 90*	2012 ± 184*
	нога	контроль	8590 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 073
		експ-т	12350 ± 1002	2 ± 0,2	734 ± 70*	1542 ± 160*
CdCl <sub>2</sub>	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	2128 ± 232*	11 ± 1	575 ± 41*	1244 ± 133*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	3837 ± 405*	5 ± 2	829 ± 75*	2653 ± 271*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	17632 ± 1863*	2 ± 0,3	596 ± 44*	1321 ± 123*
PbCl <sub>2</sub>	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	2031 ± 210*	9 ± 1	721 ± 65*	1231 ± 134*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	3763 ± 393*	5 ± 1	829 ± 75*	1002 ± 96*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	16571 ± 1781*	3 ± 0,2	811 ± 75*	1534 ± 161*

Примітка: значення чисельності клітин 10<sup>3</sup>·мл<sup>-1</sup>

\* різниця вірогідна при p ≤ 0,05

Харчове потраплення міді призводить до протилежних відхилень в глутатіоновій системі в порівнянні з потрапленням цього металу в розчиненому стані з води. Зокрема, присутність міді в їжі призводить до зниження активності глутатіонпероксидази в усіх досліджуваних тканинах. В той же час ми спостерігали істотне підвищення активності глутатіонредуктази, яке було найбільш значущим в нозі, і, як наслідок, збільшення вмісту відновленого глутатіону (табл. 3).

Це свідчить про те, що в умовах харчового надходження міді в організм глутатіонова система зберігає здатність генерувати відновлений глутатіон, на відміну від варіанту надходження міді з води в розчиненому стані.

Глутатіонова система виявилася нечутливою до надходження кадмію в організм (табл. 1). Значне підвищення активності ми спостерігали в усіх органах

супероксиддисмутазно-каталазної системи, і як наслідок, підвищення вмісту в тканинах малонового діальдегіду (табл. 2). Характер дії кадмію, що потрапляє з їжею, на антиоксидантну систему мідій не відрізняється від такого, що спостерігається при надходженні в організм розчиненого кадмію з морської води (табл. 3, 4).

Аналіз сукупності ферментів, що відповідають за утворення і утилізацію пероксидів показує, що реакція цієї системи на харчове надходження міді в організм аналогічна варіанту потрапляння міді в розчиненому стані (табл. 4). А саме, активність взаємозв'язаних ферментів - супероксиддисмутази і каталази істотно підвищена в порівнянні з контролем, а активність пероксидази не змінювалася. Активізація переокисних процесів привела до підвищення вмісту в усіх досліджених тканинах малонового діальдегіду.

Таблиця 3

**Стан глутатіонової системи тканин мідій при потраплянні в організм важких металів з їжею (третя доба експерименту)**

Біохімічні тести		Глутатіонпероксидаза (мкм PSSP/мг білка, хв.)	Глутатіонредуктаза (мкм НАДФН/мг білка, хв.)	Відновл. глутатіон (мкм GSH/мг білка)	
CuCl <sub>2</sub>	гепатопанкр	контроль	35 ± 3	95 ± 10	1,0 ± 0,2
		експ-т	17 ± 2*	144 ± 12*	0,9 ± 0,1*
	зябри	контроль	38 ± 4	148 ± 16	0,4 ± 0,1
		експ-т	21 ± 2*	193 ± 16*	1,2 ± 0,1*
	нога	контроль	30 ± 3	45 ± 5	0,4 ± 0,1
		експ-т	18 ± 2*	90 ± 8*	0,3 ± 0,1
CdCl <sub>2</sub>	гепатопанкр	контроль	35 ± 3	95 ± 10	1,0 ± 0,2
		експ-т	34 ± 3*	98 ± 9	0,9 ± 0,2*
	зябри	контроль	38 ± 4	148 ± 16	0,4 ± 0,1
		експ-т	36 ± 4*	152 ± 17*	0,4 ± 0,1*
	нога	контроль	30 ± 3	45 ± 5	0,4 ± 0,1
		експ-т	32 ± 3*	48 ± 6*	0,4 ± 0,1
PbCl <sub>2</sub>	гепатопанкр	контроль	35 ± 3	95 ± 10	1,0 ± 0,2
		експ-т	18 ± 1*	138 ± 9	2,2 ± 0,2*
	зябри	контроль	38 ± 4	148 ± 16	0,4 ± 0,1
		експ-т	21 ± 4*	206 ± 19*	1,0 ± 0,1*
	нога	контроль	30 ± 3	45 ± 5	0,4 ± 0,1
		експ-т	20 ± 2*	101 ± 10*	1,2 ± 0,1

Примітка: значення чисельності клітин  $10^3 \cdot \text{мл}^{-1}$

\* різниця вірогідна при  $p \leq 0,05$

Зокрема, як і у разі потрапляння кадмію з морської води, глутатіонова система не реагує на цей метал. Супероксиддисмутазно-каталазна система реагує майже двократним підвищенням активності, у результаті чого відбувається накопичення малонового діальдегіду в тканинах.

Пероксидаза в обох варіантах потрапляння кадмію в організм не реагувала на його присутність. Антиоксидантний статус тканин мідій при потраплянні свинцю в

цілому нагадує такий при потраплянні міді. Проте, у разі свинцю ця картина ще більше виражена (табл. 1–4).

Активність глутатіонпероксидази була підвищена в 2-3 рази. Активність глутатіонредуктази, навпаки, зменшувалася в 1,5-2 рази. Особливо істотні були зміни вмісту глутатіона. Його рівень в тканинах знижувався в 2,5 - 3 рази.

Система супероксиддисмутаза-каталаза також дуже рельєфно реагувала на присутність хлориду свинцю. Активність цієї системи зростала в два і більше рази. Особливо різко збільшувався вміст в тканинах малонового діальдегіду. В цілому слід сказати, що усі вказані зміни найбільшою мірою проявлялися в м'язовому органі - нозі, і у меншій мірі в зябрах і гепатопанкреасі.

Таблиця 4

Стан супероксиддисмутазно - каталазної системи тканин мідій при потраплянні в організм важких металів з їжою третя доба експерименту)

Біохімічні тести		Супероксиддисмутаза (мкм НАДН/мг білка, хв)	Пероксидаза (мкм H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /мг білка, хв.)	Каталаза (мкм H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /мг білка, хв.)	Малоновий діальдегід (мкм GSH/мг білка)	
CuCl <sub>2</sub>	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	1946 ± 141*	10 ± 1	734 ± 72*	1125 ± 105*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	3425 ± 361*	6 ± 1	1028 ± 101*	1996 ± 172*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	14823 ± 1118*	3 ± 0,3	802 ± 75*	1421 ± 153*
CdCl <sub>2</sub>	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	2326 ± 250*	5 ± 1	567 ± 61*	1185 ± 120*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	4027 ± 410*	6 ± 1	932 ± 83*	2723 ± 285*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	16253 ± 1780*	2 ± 0,2	787 ± 80*	1258 ± 132*
PbCl <sub>2</sub>	гепатопанкр	контроль	1230 ± 134	10 ± 1	324 ± 34	824 ± 84
		експ-т	2148 ± 254*	9 ± 1	784 ± 69*	1117 ± 109*
	зябри	контроль	2380 ± 250	5 ± 1	567 ± 60	1561 ± 161
		експ-т	3386 ± 302*	2,0 ± 0,2	345 ± 37*	712 ± 73*
	нога	контроль	8530 ± 902	2 ± 0,2	345 ± 37	712 ± 73
		експ-т	15734 ± 1230*	3,0 ± 0,3	844 ± 37*	1476 ± 151*

Примітка: значення чисельності клітин 10<sup>3</sup>·мл<sup>-1</sup>

\* різниця вірогідна при p ≤ 0,05

Реакція глутатіонової системи на харчове надходження свинцю була прямо протилежною такий при потраплянні свинцю в розчиненому виді з морської води (табл.1,3). Так, зокрема, активність глутатіонпероксидази в цьому випадку була в 1,5-2 рази нижче, ніж в контролі, а активність глутатіонредуктази і, відповідно, рівень відновленого глутатіону різко підвищувалися. Супероксиддисмутазно-каталазна система різко активізувалася при обох способах потрапляння свинцю в організм (табл. 2, 4). Також істотно підвищувався рівень малонового діальдегіду. Отримані відмінності статистично вірогідні при p ≤ 0,05.

Узагальнюючи отримані дані необхідно відмітити, що реакція антиоксидантної системи тканин мідій на надходження в організм різних важких металів має як схожі риси, так і відмінності.

Супероксиддисмутазно-каталазна система тканин реагує подібно на надходження в організм досліджених металів незалежно від їх хімічної природи підвищенням активності, наслідком чого являється накопичення в тканинах маланового діальдегіду.

Пероксидаза, на наше здивування, не реагувала на надходження в організм жодного з досліджуваних металів. Глутатіонова система реагує вибірково на надходження в організм металів. Так, вона виявилася чутливою до міді і свинцю і нечутливою до кадмію. Можливо, це пов'язано з високою здатністю міді і свинцю взаємодіяти з білковими і небілковими SH -групами. Відомо, що кадмій значно слабше взаємодіє з цими групами.

Глутатіонова система також виявилася чутливою до способу надходження металів в організм. Зокрема, при потраплянні їх в розчиненому стані з морської води блокувалися її відновні можливості і активувалися окислювальні, у зв'язку з чим рівень відновленого глутатіону в тканинах різко знижувався (табл. 1, 3). При харчовому надходженні металів спостерігалася прямо протилежна картина (табл. 2, 4).

Ці відмінності, на наш погляд, можуть бути пояснені наступними причинами.

При надходженні з морської води метали у вигляді іонів взаємодіють з ферментами клітин, у тому числі і з глутатіонредуктазою, блокуючи її функціонально активні SH -групи.

При харчовому потраплянні іони металів опиняються в клітинах в зв'язаному, часто протеїнізованому виді. Багато металопротеїнів є кофакторами для глутатіонредуктазної реакції, активуючи її. В той же час відома група мідьвмісних олігопептидів, які інгібують глутатіонпероксидазну реакцію.

Таким чином, проведені нами дослідження дозволили оцінити накопичення металів в тканинах мідій і їх дію на антиоксидантну систему при різних шляхах їх надходження в організм.

### ВИСНОВКИ

1. Попадання усіх досліджених металів у організм незалежно від способу надходження приводить до активізації супероксиддисмутазно – каталазної системи та збільшенню рівня маланового діальдегіду.
2. Глутатіонова система реагує вибірково на надходження різних металів. До міді та свинцю вона є чуйною, а на потрапляння кадмію не реагує.
3. Характер реакції глутатіонової системи на надходження металів залежить від шляху їх попадання у організм. При надходженні металів у розчиненому стані активізується окислюваний потенціал цієї системи, а при потраплянні з їжею – відновлювальний.
4. Всі проведені дослідження свідчать про значні відмінності у механізмах накопичення важких металів у тканинах мідій та реагуванні антиоксидантної системи при різних шляхах внадходження металів у організм.

## Список літератури

1. Арсан О.М. Состояние и перспективы развития водной экотоксикологии / О.М. Арсан // Гидробиол. журн. – 2007. – Т. 43, № 6. – С. 50–64.
2. Гостюхина О.Л. Состояние ферментативной системы антиоксидантной защиты у черноморских мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. в условиях естественного окислительного стресса: коричневая морфа / О. Л. Гостюхина // Наукові записки Терноп. нац. пед. ун-т серія "Біологія". спец. випуск: гідроекологія. – 2005. – № 4 (27). – С. 52–54.
3. Компьютерная биометрика / Науч. ред. Носов В.Н. - М.: Наука, 1990. - 231 с.
4. Биохимия.: практикум / [Кучеренко Н.Е., Бабенюк Ю.Д., Васильев А.Л. и др]. – К.: Вища школа, 1988. – 128 с.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 362 с.
6. Линники П.Н. Формы существования основные закономерности превращения и биологическая роль соединений тяжелых металлов в природных водах / П.Н. Линник, Б.И. Набиванец, Л.П. Брагинский // Водн. ресурсы. – 1987. – № 5. – С. 84–86.
7. Мур Ж.В. Тяжелые металлы в природных водах / Ж.В. Мур, С. Раммамурти. – М. : Мир, 1987. – 285 с.
8. Пасичная Е.А. Токсичность меди для гидрофитов: аккумуляция, влияние на фотосинтез, дыхание, пигментную систему (обзор) / Е.А. Пасичная // Гидробиол. журн. – 2001. – Т. 37, № 3. – С. 903–1007.
9. Перекисное окисление и радиация / [Барабой В.А., Орел В.Э., Карнаух И.М.]; отв. ред. Д. М. Гродзинский. – Киев: Наук. думка, 1991 – 256 с.
10. Семенова О.А. Оценка токсичности донных осадков озера Кугурлуй методом биотестирования Ч. 1 / О.А. Семенова, В.Л. Базелян // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2006. – № 3–4 (21-22), – С. 125–135.
11. Стальная И.Д. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты / И.Д. Стальная, Т.Г. Гаришвили // Современные методы в биохимии. – М.: Мир, 1977. – С. 66–68.
12. Уланова Е.С. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. / Е.С. Уланова, В.Н. Забелин. – М.: Наука, 1990. – 207 с.
13. Хомяков Т.В. Действие сублетальных доз ионов меди на культуру *Dunaliella viridis* Teod (Chlorophyta) / Т.В. Хомяков, Т.В. Догадина, В.П. Комаристая // Альгология. – 1994. – Т. 4., № 4. – С. 30–36.
14. Челонин В.П. Биохимические механизмы адаптации *Mytilus trassullus* к ионам кадмия и меди / В.П. Челонин, Н.Н. Бельчева, М.В. Захарцев // Биология моря – 1998. – Т. 24, № 5. – С. 319–325.
15. Charpentier S. Toxicity and bioaccumulation of cadmium in experimental cultures of duckweed, *Lemna polyrrhiza* L. Bull. / S. Charpentier, J. Garnier, R. Flaugnatti // Environ. Contam. Toxicol. – 1987. – V. 38. – P. 1055–1061.
16. Di Giulio R.T. Biochemical responses in aquatic animals: a review of determinants of oxidative stress / R.T. Di Giulio, P.C. Washburn, R.I. Wenning, [et al.] // Environ. Toxicol. Chem. – 1989. – Vol. 8. – P. 1103–1123.
17. Huebert D.B. Considerations in the assessment of toxicity using duckweeds / D.B. Huebert, J.M. Shay // Environmental toxicity. Chemistry. – 1993. – V. 12, № 3. – P. 481–483.
18. Khessiba A. Biochemical response of the mussel *Mytilus galloprovincialis* from Birerta (Tunisia) to chemical pollutant exposure / A. Khessiba, P. Hoaran, N. Gnassia-Barelli, P. Asissa // Arch. Environ. Contam. Toxicol. – 2001. – Vol. 40, № 2. – P. 222–229.
19. Lowry O.H. Protein measurement with the folinphenol reagents / O.H. Lowry [et al] // J. Biol. Chem. – 1951. – V. 193, № 3. – P. 265–275.

**Семенова О.А. Оценка состояния антиоксидантной системы черноморской мидии под влиянием тяжелых металлов / О.А. Семенова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С.142-150.**

Проведено изучение состояния антиоксидантной системы черноморских мидий под влиянием тяжелых металлов при их попадании в организм с пищей и с морской водой. Показано, что поступление тяжелых металлов в организм, независимо от способа их попадания, приводит к активизации супероксиддисмутазно – каталазной системы и увеличению уровня малонового диальдегида. Глутатионовая система реагирует избирательно на попадание разных металлов и её реакция зависит от пути их попадания в организм.

**Ключевые слова:** черноморская мидия, антиоксидантная система, тяжелые металлы.

**Semenova O.O. The condition state of antioxidant system of Black sea mussel under influence of heavy metals / O.O. Semenova // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 142-150.**

The study of the state of the antioxidant system of black sea mussel is conducted under influence of heavy metals at their hit in an organism with food and with salt water. It is shown that the receipt of heavy metals in an organism regardless of method of their hit results in activation of superoksyddysmutazno are the katalazna systems. The reaction of glutatyon system depend on the source of heavy metals entering organis of shellfish.

**Keywords:** black sea mussel, antioxidant system, heavy metals.

*Поступила в редакцию 11.04.2012 г.*

**УДК 575.1**

## **ГРУППА КРОВИ И РЕЗУС ФАКТОР, КАК МАРКЕРЫ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К НЕКОТОРЫМ ПАТОЛОГИЯМ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ КРЫМА**

*Симчук А.П., Гао С.*

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

Исследовали маркирующий эффект групп крови АВ0 и Rh при патологиях и в норме у мужчин и женщин в возрасте от 17 до 65 лет, проживающих на территории АР Крым. Маркирующий эффект у мужчин и женщин совпадал в отношении головных болей и различался в отношении патологий зрения и потребления алкоголя. Обнаружены также маркерные свойства групп крови у женщин в отношении аллергических и сердечно-сосудистых заболеваний и патологий желудочно-кишечного тракта.

**Ключевые слова:** группы крови АВ0, резус-фактор, патология, генетические маркеры.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Поиск и анализ ассоциаций различных генетических маркеров с заболеваниями весьма актуальны и перспективны, так как это дает возможность судить об участии наследственных факторов в развитии того или иного заболевания [1, 2]. В свою очередь, частота встречаемости подобных ассоциаций указывает на значимость данного признака в развитии патологического процесса. Вместе с тем такие исследования позволяют выявить среди населения группы лиц с фенотипами повышенного риска к отдельным заболеваниям, а это дает возможность разработки системы профотбора и определения мер профилактики [3, 4].

Групповая принадлежность крови человека, в числе прочих факторов, также может являться фактором риска в развитии у человека различных заболеваний, в том числе, таких как инфаркт миокарда и ишемический инсульт [1, 5–7], патологии органов дыхания [8] и др. Интерес к проблеме породил массу исследований в данном направлении.

Вместе с тем, полученные результаты часто оказываются в достаточной степени противоречивыми. Это породило некоторый скепсис в отношении прогностической ценности генетических маркеров для выявления предрасположенностей к патологиям. Тем не менее, в подобных исследованиях, как правило, не учитывается влияние факторов окружающей среды.

Фенотип индивидуума, включающий среди прочего и его патологии, формируется под влиянием генетических и средовых компонентов. Следовательно, в разных условиях среды одни и те же генетические маркеры должны иметь разные прогностические возможности. Однако, это не умаляет возможности подхода, а

требует учета специфичности и накопления большой массы эмпирических данных. В этой связи данная работа посвящена исследованию маркирующих возможностей групп крови в отношении некоторых патологий среди населения Крыма.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала проводили путем анкетирования. Проанализированы анкеты 177 человек в возрасте от 17 до 65 лет. Связи между генетическими маркерами (группа крови в системе АВ0 и резус фактор) и наличием той или иной патологии выявляли и оценивали с использованием коэффициента ассоциации Пирсона [9]. Выборки мужчин и женщин анализировали отдельно. Учитывали такие характеристики здоровья и патологии, как: зрение, склонность к депрессиям, метеочувствительность, головные боли, респираторные заболевания, аллергии, заболевания сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта, а также отношение к алкоголю, табакокурению и предпочтениям в питании. Сбор материала проводили путем анкетирования. Проанализированы анкеты 177 человек в возрасте от 17 до 65 лет. Связи между генетическими маркерами (группа крови в системе АВ0 и резус фактор) и наличием той или иной патологии выявляли и оценивали с использованием коэффициента ассоциации Пирсона [9]. Выборки мужчин и женщин анализировали отдельно. Учитывали такие характеристики здоровья и патологии, как: зрение, склонность к депрессиям, метеочувствительность, головные боли, респираторные заболевания, аллергии, заболевания сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта, а также отношение к алкоголю, табакокурению и предпочтениям в питании.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что в отношении некоторых патологий исследуемые генетические маркеры у обоих полов проявляли одинаковые прогностические тенденции, а в отношении других – разные. Так, не смотря на то, что головные боли чаще встречались у женщин, у обоих полов они значимо реже наблюдались у людей с четвертой группой крови (рис. 1).

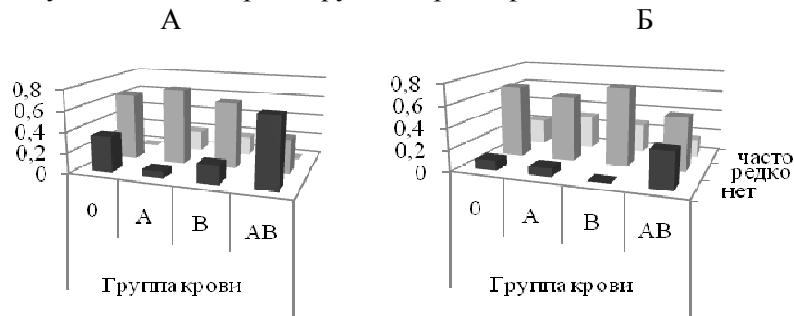


Рис. 1. Распространенность головных болей разной степени выраженности среди мужчин (А) и женщин (Б) разных групп крови в Крыму: признак отсутствия головных болей ассоциирован с группой крови АВ(IV), у мужчин  $R=0,302$ ;  $\chi^2= 4,73$ ;  $P<0,05$ ; у женщин  $R=0,214$ ;  $\chi^2= 4,59$ ;  $P<0,05$



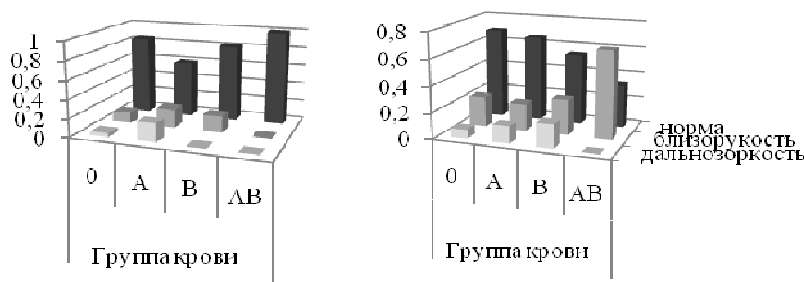


Рис. 2. Распространенность патологий зрения среди мужчин (А) и женщин (Б) разных групп крови в Крыму: у мужчин дальнозоркость ассоциирована с группой крови А(II)  $R=0,305$ ;  $\chi^2= 5,41$ ;  $P<0,05$ ; у женщин близорукость ассоциирована с группой крови АВ(IV)  $R=0,233$ ;  $\chi^2= 5,38$ ;  $P<0,05$

Группы крови по-разному маркируют патологии зрения у мужчин и женщин: дальнозоркость встречается чаще, чем ожидается у мужчин с группой крови А(II), а близорукость – у женщин с группой крови АВ(IV) (рис. 2). Кроме того, женщины с четвертой группой крови меньше других потребляют алкоголь ( $R=0,216$ ;  $\chi^2= 4,63$ ;  $P<0,05$ ), тогда как мужчины с той же группой крови, наоборот, потребляют алкоголь больше других ( $R=0,354$ ;  $\chi^2= 7,00$ ;  $P<0,01$ ).

Маркирующий эффект групп крови в отношении ряда патологий был обнаружен только среди женского населения Крыма (рис. 3). Женщины с третьей группой крови были больше подвержены аллергиям и патологиям желудочно-кишечного тракта. А четвертая группа крови маркировала у них патологии сердечно-сосудистой системы.

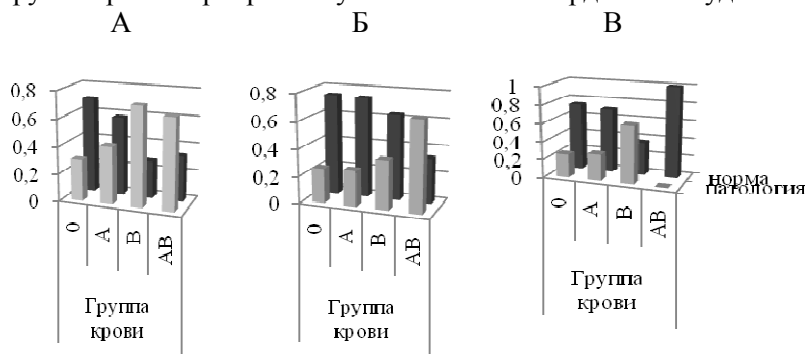


Рис. 3. Распространенность аллергических реакций (А), патологий сердечно-сосудистой системы (Б) и желудочно-кишечного тракта (В) среди женщин разных групп крови в Крыму: аллергии ассоциированы с группой крови В(III)  $R=0,217$ ;  $\chi^2= 4,65$ ;  $P<0,05$ ; сердечно-сосудистые патологии ассоциированы с группой крови АВ(IV)  $R=0,29$ ;  $\chi^2= 4,31$ ;  $P<0,05$ ; патологии желудочно-кишечного тракта ассоциированы с группой крови В(III)  $R=0,267$ ;  $\chi^2= 7,01$ ;  $P<0,01$

Резус фактор также проявил определенные маркирующие эффекты. У женщин с отрицательным резус фактором чаще обнаруживалась близорукость ( $R=0,281$ ;  $\chi^2=7,76$ ;  $P<0,01$ ) и метеочувствительность ( $R=0,220$ ;  $\chi^2=4,73$ ;  $P<0,05$ ) и реже – патологии сердечно-сосудистой системы ( $R=0,201$ ;  $\chi^2=3,95$ ;  $P<0,05$ ). У мужчин с отрицательным резус фактором значительно чаще наблюдались сильные аллергические реакции ( $R=0,289$ ;  $\chi^2=4,68$ ;  $P<0,05$ ).

Данные о связи групп крови с теми или иными патологиями человека, полученные разными исследователями, часто противоречивы. Так, по результатам одних исследований с хронической обструктивной болезнью легких связана группа крови А(II), а по данным других – В(III) и, в то же время, обладатели группы крови 0(I) менее других подвержены этой болезни [8, 10].

Аналогичным образом, противоречивыми оказались и данные относительно связи групп крови с патологиями сердечно-сосудистой системы: по данным одних авторов [5] в зоне риска находятся обладатели группы крови А(II), а по данным других [11] – обладатели группы крови В(III). В То же время, у шахтеров с пылевым бронхитом среди маркеров групп крови наибольший вклад в риск заболевания вносила первая группа крови [12].

При анализе подобных данных может сложиться впечатление о низкой эффективности и нецелесообразности используемого подхода. Однако, следует отметить, что исследования проводились в разных популяциях человека, и при этом авторы не разделяли исследуемые выборки по полу (за исключением шахтеров). Органические патологии же, как и любые другие фенотипические признаки организма, являются результатом взаимодействия генотипа и окружающей среды.

Таким образом, данные о маркирующих эффектах тех или иных генов носят локальный характер и в пределах каждой территории требуют углубленного изучения в отношении различных внутривнутрипопуляционных группировок. Базы подобных локально привязанных данных, безусловно, будут весьма полезны для прогнозов заболеваемости населения.

#### **ВЫВОДЫ**

1. И у мужчин и у женщин группа крови АВ(IV) маркировала отсутствие головных болей, тогда как маркирующий эффект групп крови в отношении патологий зрения и потребления алкоголя у мужчин и женщин различался.
2. Женщины с третьей группой крови были больше подвержены аллергиям и патологиям желудочно-кишечного тракта. А четвертая группа крови маркировала у них патологии сердечно-сосудистой системы.
3. У женщин с отрицательным резус фактором чаще обнаруживалась близорукость и метеочувствительность и реже – патологии сердечно-сосудистой системы. У мужчин с отрицательным резус фактором значительно чаще наблюдались сильные аллергические реакции.
4. Данные о маркирующих эффектах групп крови носят локальный характер и в пределах каждой территории требуют углубленного изучения в отношении различных внутривнутрипопуляционных группировок.

Список литературы

1. Дранник, Г.Н. Генетические системы крови человека и болезни / Г.Н. Дранник, Г.М. Дизик. — Киев, 1990. — 197 с.
2. Кузнецов, М.Ф. Генетический скрининг маркеров индивидуальной чувствительности к действию биологических факторов / М.Ф. Кузнецов, В.Г. Артамонова // Медицина труда и промышленная экология. — 1993. — № 9-10. — С. 12-15.
3. Артамонова В.Г. Профессиональные болезни / Артамонова В.Г. — М., 1996. — 431 с.
4. Дидковский, Н.А. Наследственные факторы и местная защита при неспецифических заболеваниях легких / Н.А. Дидковский, Л.И. Дворецкий. — М., 1990. — 224 с.
5. Группы крови систем АВО и Rh у больных сердечно-сосудистой патологией / Е.Н. Мешалкин, Г.Н. Окунева, Ю.А. Власов [и др.] // Кардиология. — 1981. — №4. — С. 46-50.
6. Группы крови АВО как фактор риска ишемической болезни сердца и артериальной гипертонии у различных этнических популяций / М.Б. Рафалович, А.М. Мазурова, М.Н. Минаева [и др.] / Врачебное дело. — 1980. — №9. — С. 72-75.
7. Чиныбаева А.А. Распределение эритроцитарных антигенов у больных с церебральным инсультом / А.А. Чиныбаева // Журнал Неврологии и Психиатрии. — 2005. — №13. — С. 55-57.
8. Семёнова Н.С. Факторы риска развития хронической обструктивной болезни легких / Н.С. Семёнова, Н.М. Балабина // Сибирский медицинский журнал. — 2007. — №5. — С. 8-11.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия. / Лакин Г.Ф. — М.: Высш. шк, 1980.- 293 с.
10. Романцов М.Г. Часто болеющие дети — актуальные аспекты повторной респираторной заболеваемости / М.Г. Романцов, В.В. Ботвиньева— М., 1996. — 90 с.
11. Голубков В.В. К вопросу о зависимости риска развития ишемического инсульта от группы крови по системе АВО / Голубков В.В. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. — 2012. — № 6. — С. 92-94.
12. Патент RU 2224466 С1 Российская федерация (2002) А61В10/00 Способ прогнозирования риска развития ишемической болезни сердца у шахтеров с хроническим пылевым бронхитом, Филимонов С.Н.; Станкевич Н.Г.; Разумов В.В.; Панев Н.И., патентообладатель Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей. — № 2002120782/15; заяв. 22.07.2002; опубл. 27.02.2004.

**Сімчук А.П. Група крові і резус фактор, як маркери схильності до деяких патологій серед населення Криму / А.П. Сімчук, С. Гао // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. — 2012. — Т. 25 (64), № 2. — С. 151-155.**

Досліджували маркіруючий ефект груп крові АВО і Rh при патологіях і в нормі у чоловіків і жінок у віці від 17 до 65 років, що проживають на території АР Крим. Маркіруючий ефект у чоловіків і жінок збігався відносно головних болів і розрізнявся відносно патологій зору і споживання алкоголю. Виявлені також маркерні властивості груп крові у жінок відносно алергічних і серцево-судинних захворювань і патологій шлунково-кишкового тракту.

**Ключові слова:** групи крові АВО, резус-фактор, патологія, генетичні маркери.

**Simchuk A.P. Blood type and rhesus factor, as markers of Susceptibility to some pathologies in the Crimean population / A.P. Simchuk, P. Gao // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. — Series: Biology, chemistry. — 2012. — Vol. 25 (64), No 2. — P. 151-155.**

The marking effect of ABO and Rh blood types were investigated at pathologies and in a norm among the men and women in age from 17 to 65 years, resident in territory of the Crimea. The marking effect for men and women coincided in regard to head pains and differentiated in regard to eye pathologies and consumption of alcohol. The blood types were found to mark allergic and cardio-vascular diseases and gastro-enteric pathologies in women.

**Keywords:** blood of ABO types, rhesus-factor, pathology, genetic markers.

*Поступила в редакцію 17.04.2012 г.*

УДК 577.4+575.17

## ВЫБОР ПАРАЗИТОМ *ITOPLECTIS MACULATOR* F. КУКОЛОК ЗЕЛеноЙ ДУБОВОЙ ЛИСТОВЕРТКИ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ ПАРАЗИТА И ХОЗЯИНА

Симчук А.П., Кириченко А.В.

Таврический национальный университет им. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: ecology@crimea.edu

Исследовали роль генетических факторов во взаимоотношениях трех трофически связанных видов: дуба пушистого (*Quercus pubescens* Willd.), зеленой дубовой листовертки (*Tortrix viridana* L.) и ее паразита (*Itoplectis maculator* F.). Выбор паразитом неприспособленных особей хозяина рассматривали как механизм, упорядочивающий взаимоотношения между видами.

**Ключевые слова:** *Quercus pubescens* Willd., *Tortrix viridana* L., *Itoplectis maculator* F., генетика экосистем.

### ВВЕДЕНИЕ

Любой организм взаимодействует с окружающей его средой в соответствии со своей генетической конституцией, предъявляя уникальные требования к этой среде и по-своему взаимодействуют с представителями других видов. Следовательно, внутривидовое генетическое разнообразие – серьезный фактор, существенно влияющий на экологические процессы в экосистемах. Этот тезис стал основой нового направления на стыке экологии и генетики, которое получило название генетики экосистем [1].

Полученные ранее результаты свидетельствуют, что внутривидовое генетическое разнообразие играет существенную роль во взаимодействии дубов, зеленой дубовой листовертки и ее паразитов [2]. Было показано, что на приспособленность разных генотипов каждого вида в сообществе оказывала влияние генетическая изменчивость других взаимодействующих с ним видов. Однако полученные результаты не позволили интегрировать картину взаимодействий с конкретными их механизмами, а лишь показали важность генетического фактора в парных взаимодействиях изученных видов. В то же время, известно, что паразиты, например, выбирают хозяина в соответствии с его приспособленностью [3]. Этот механизм может оказаться важным для формирования связей между видами, и анализу его роли посвящена представленная работа.

Прямое наблюдение селективных процессов, их анализ и оценка представляют собой достаточно сложную для выполнения процедуру, а зачастую и невозможны из-за неоднозначности трактовки полученных результатов. Косвенной оценкой селективности может послужить связь того или иного фенотипического или генотипического класса с заведомо важным в приспособительном отношении

признаком [4]. Для насекомых в роли таких признаков могут выступать, например, размерные показатели тела, напрямую связанные с приспособленностью [5, 6].

При этом, следует учитывать, что в индивидуальных консорциях дуба формируется различный состав куколочных паразитов зеленой дубовой листовертки [7]. Также было установлено, что ядро консорции существенно влияет на генотипический состав зеленой дубовой листовертки [8]. Это позволило предположить, что для индивидуальных консорций дуба характерны специфические процессы, которые в конечном итоге приводят к разнонаправленности векторов протекающего в них естественного отбора. В связи с этим, в работе применялся консортивный подход.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Куколки зеленой дубовой листовертки (*Tortrix viridana* L.) были собраны с 16 модельных деревьев дуба пушистого (*Quercus pubescens* Willd), произрастающих на пробной площади близ с. Лавровое на Южном Берегу Крыма. Все дубы были предварительно маркированы по ДНК фрагментам после амплификации их ДНК с праймером ОРА-14 (Operon Technologies, USA). Маркеры дубов были опубликованы ранее [2]. Каждую куколку помещали в отдельную пробирку и содержали в лабораторных условиях после измерения веса с точностью до 0,5 мг. Пробирки в дальнейшем ежедневно проверяли на предмет выхода имаго или паразитов.

Генетическую вариабельность зеленой дубовой листовертки и паразитов оценивали, анализируя альтернативную морфологическую изменчивость – фены [9]. Куколки зеленой дубовой листовертки различались по фену «уровень средних зубцов кремастера по сравнению с крайними» с вариантами: «выше», «ниже», «одинаковый» [7]. Паразиты *Itoplectis maculator* F. различались по фенам окраски «окошка» голени: «светлая», «коричневая», «черная» [7]. Длину торакса и всего тела измеряли у каждого морфологически исследованного паразита под бинокулярным микроскопом МБС-9 с точностью до 0,025 мм. Полученные результаты статистически обрабатывали с использованием процедуры двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные позволяют оценить ту роль, которую внутривидовая генетическая изменчивость играет в трехуровневых трофических взаимодействиях между дубом, его насекомым-вредителем и насекомым, паразитирующим на этом вредителе. Когда два представителя разных видов каким либо образом взаимодействуют друг с другом, их генотипы, определяющие их свойства, должны оказывать влияние на результат этого взаимодействия. Следовательно, приспособленность особи зависит, помимо прочего, от генотипов тех особей, с которыми данная особь взаимодействует в сообществе.

Паразиты зеленой дубовой листовертки показали дифференциацию трофических предпочтений, то есть, они выбирают хозяина неслучайно [3]. Тем не менее, для всех паразитов можно отметить общую тенденцию – выбор меньших по размеру куколок

хозяина (рис. 1). У насекомых размеры тела напрямую связаны с приспособленностью [5, 6]. Следовательно, паразиты преимущественно выбирают неприспособленные особи хозяина. Этот факт позволяет по-новому оценить характер генотп-генотипных связей между дубом, зеленой дубовой листоверткой и ее паразитом.

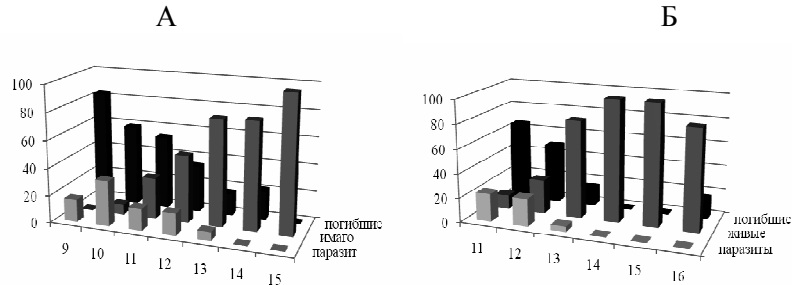


Рис. 1. Процент вышедших паразитов, имаго или погибших особей среди куколок самцов (А) и самок (Б) зеленой дубовой листовертки в зависимости от ширины торакса куколок (мм); значения  $\chi^2$ -теста на гомогенность састот [4]: А – 110,3; d.f.=12; P<0,001; Б – 81,5; d.f.=10; P<0,001.

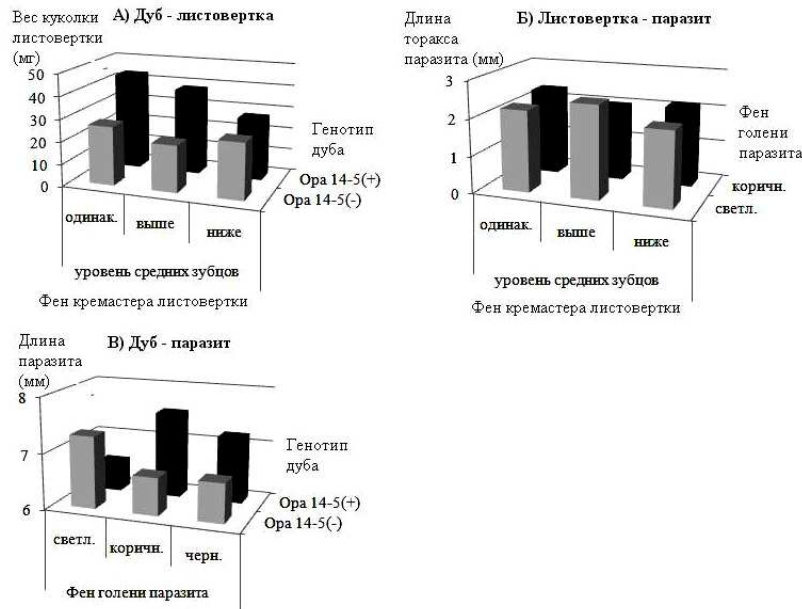


Рис. 2. Генетические аспекты взаимодействия между дубом (*Q. pubescens*), зеленой дубовой листоверткой и ее паразитом *I. maculator*; вес куколок листовертки в зависимости от фенотипа ее куколки и генотипа дуба (А) (ANOVA, взаимодействие: F=3,21; d.f.=2,85; p<0,05); длина торакса паразитов в зависимости от их фенотипов и фенотипов куколок их хозяина (Б) (ANOVA, взаимодействие: F=3,40; d.f.=2,38; p<0,05); длина тела паразитов в зависимости от их фенотипа и генотипа дуба (В) (ANOVA, взаимодействие: F=4,26; d.f.=2,40; p<0,05).

Ранее полученные результаты [2] показали, что вес куколок зеленой дубовой листовертки зависит не только от их фенотипов (фенов), но и от генотипов дубов, на которых они обитали (рис 2 А). Изменчивость размеров тела паразита *I. maculator* зависила как от их фенотипов, так и от фенотипов куколок их хозяина (рис. 2 Б) и генотипов дубов – кормовых растений хозяина (рис. 2 В). Однако, кроме того можно выделить определенную закономерность в обнаруженных связях.

Паразиты, несущие «светлый» фенотип окраски голени достигали максимальных размеров, если развивались в куколках хозяина с фенотипом кремастера «средние зубцы выше крайних» (рис 2Б). То есть, паразиты со «светлым» фенотипом оказались наиболее адаптированными именно к этому фенотипу хозяина. В то же время, особи хозяина именно с этим фенотипом были наименее приспособленными на дубах без ДНК фракции ОРА 14-5 в их генотипах (рис. 2А). В результате паразиты, атакующие мелкие куколки неприспособленных особей хозяина, получают преимущество именно на этих дубах, и, следовательно, поэтому достигают на них максимальных размеров (рис. 2В). Аналогичная причинно-следственная цепочка может быть выстроена для паразитов «коричневого» фенотипа окраски голени, куколок листовертки с фенотипом кремастера «средние зубцы ниже крайних» и дубов с ДНК фракцией ОРА 14-5 в их генотипах.

Таким образом, генотипы представителей трех трофических уровней сообщества оказались стохастически связанными. Это означает, что изменение генетической структуры на одном из трофических уровней неизбежно скажется на генетической структуре популяций, занимающих другие трофические уровни в биотическом сообществе. Следовательно, генофонды популяций сообщества связаны между собой и формируют генетическую систему экосистемы – генопласт [10, 11]. Представленные в данной работе результаты показывают конкретный механизм, обеспечивающий связи между генофондами популяций разных видов.

## ВЫВОДЫ

1. Паразиты зеленой дубовой листовертки выбирают хозяина неслучайно, при этом, для всех паразитов можно отметить общую тенденцию – выбор небольших по размеру, то есть, неприспособленных куколок хозяина.
2. Вес куколок зеленой дубовой листовертки зависит от их фенотипов и от генотипов дубов, на которых они обитали, а изменчивость размеров тела паразита *I. maculator* – от их фенотипов, фенотипов куколок их хозяина и генотипов дубов.
3. Выбор паразитами куколок хозяина наименее приспособленных на каждом конкретном дереве представляет собой механизм, упорядочивающий взаимосвязи между генофондами популяций дуба, листовертки и ее паразитов.

## Список литературы

1. Community genetics: a consequence of extended phenotype / T.G. Whitham, V. Young, G.D. Martinsen [et al.] // Ecology. – 2003. – V 84. – P. 559-573.

2. Simchuk A.P. Influence of genetic variation in oak leaf roller pupae and their host plants on body sizes of their parasitoids, *Itoplectis maculator* (Fabricius, 1775) / A.P. Simchuk, A.V. Ivashov // Psyche (USA). – 2011. – V. 2011, article ID 682572, 8 pages. DOI: 10.1155/2011/682572
3. Симчук А.П. Внутрипопуляционная дифференциация трофических ниш паразитов зеленой дубовой листовёртки в микросообществах дубрав Крыма / А.П. Симчук // Ученые записки ТНУ. – 2009. – Т. 22(61), № 4. – С. 174-181
4. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. / Алтухов Ю.П. – М.: Наука, 1983. – 279 с.
5. Watt W.B. Females' choice of "good genotype" as mates is promoted by an insect mating system / W.B. Watt, P.A. Carter, K. Donahue // Science. – 1986. – № 233. – P. 1187-1190.
6. Simchuk A.P. Genetic patterns as possible factors causing population cycles in oak leafroller moth, *Tortrix viridana* L. / A.P. Simchuk, A.V. Ivashov, V.A. Companytsev // Forest Ecology and Management. – 1999. – V. 113. – P. 35-49.
7. Ивашов А.В. Консортивные связи зеленой дубовой листовёртки (*Tortrix viridana* L.): теоретические и прикладные аспекты : Дисс... докт. биол. наук. / А.В. Ивашов – Днепропетровск: ДНУ, 2001. – 410 с.
8. Ивашов А.В. Популяционная структура и изменчивость гусениц зеленой дубовой (*Tortrix viridana*) и палевой дубовой (*Aleimma loeflingiana*) листовёрток / А.В. Ивашов, В.А. Компанийцев, А.П. Симчук // Зоологический журнал. – 2004. – Т. 83, № 6. – С. 701-707.
9. Яблоков А.В. Фенетика. / Яблоков А.В. – М.: Наука, 1980. – 135 с.
10. Голубец М.А. Актуальные вопросы экологии. / Голубец М.А. – Киев: Наук. думка, 1982. – 158 с.
11. Голубец М.А. Экосистемология. / Голубец М.А. – Львів: "Поллі", 2000. – 316 с.

**Сімчук А.П. Вибір паразитом *Itoplectis maculator* F. лялечок зеленої дубової листовійки та його наслідки щодо пристосованості паразита і хазяїна / А.П. Сімчук, А.В. Кіриченко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 156-160.**

Вивчали роль генетичних факторів у взаємовідносинах трьох трофічно зв'язаних видів: дубу пухнастого (*Quercus pubescens* Willd.), зеленої дубової листовійки (*Tortrix viridana* L.), та її паразита (*Itoplectis maculator* F.). Вибір паразитом непристосованих особин хазяїна розглядали як механізм, що упорядковує взаємовідносини між видами.

**Ключові слова:** *Quercus pubescens* Willd., *Tortrix viridana* L., *Itoplectis maculator* F., генетика екосистем.

**Simchuk A.P. Choice of the oak leafroller pupae by parasitoid *Itoplectis maculator* F. and its consequences for the host and parasitoid fitnesses / A.P. Simchuk, A.V. Kirichenko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 156-160.**

The role of genetic factors was studied in three trophic-related species: pubescent oak (*Quercus pubescens* Willd.), oak leaf roller (*Tortrix viridana* L.) and its parasitoid (*Itoplectis maculator* F.). Choice of unfit host specimens by the parasitoid was considered as a mechanism, which regulates interactions among the species.

**Keywords:** *Quercus pubescens* Willd., *Tortrix viridana* L., *Itoplectis maculator* F., ecosystem genetics.

Поступила в редакцію 24.04.2012 г.



**УДК 615.834:616.85**

## **КОМПЛЕКСНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ БОЛЬНЫХ С ОСТЕОХОНДРОЗОМ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА В УСЛОВИЯХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ЦЕНТРА**

*Черная В.Н., Коваль С.Я., Хомякова О.В., Протас Я.Ю.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: timur328@gmail.com*

В статье обсуждаются результаты исследования по выявлению эффективности комплексного воздействия специализированных упражнений лечебной гимнастики и лечебного массажа в восстановлении функциональной активности опорно-двигательного аппарата и уровня здоровья у больных с остеохондрозом пояснично-крестцового отдела. Результаты исследований доказывают эффективность применения лечебной гимнастики для увеличения гибкости, подвижности позвоночного столба, а также повышения силовых показателей мышц спины и брюшной стенки. При комбинировании лечебной гимнастики с лечебным массажем эффективность занятий достоверно повышается.

**Ключевые слова:** гибкость и подвижность позвоночника, силовые показатели мышц.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Анализ современной отечественной и зарубежной литературы показывает, что спинномозговые травмы являются серьезной и чрезвычайно сложной социально-медицинской проблемой, нуждающейся в разработке и совершенствовании методов восстановительного лечения для данной категории больных [1,2]. Большинство повреждений позвоночника и спинного мозга обусловлено дорожно-транспортным (39%), бытовым (24%), производственным (24%) травматизмом, меньшая часть является следствием спортивного (17%) и других видов травматизма [3,4]. Вследствие травмы спинного мозга ведущими являются двигательные, чувствительные, трофические и тазовые расстройства. Нарушение деятельности внутренних органов и систем (висцеро-кортикальных связей) происходит не только ниже, но и выше уровня поражения [2]. Тяжесть грубых морфологических и функциональных нарушений спинного мозга изменяют биомеханику и динамический стереотип больного, снижают продолжительность и качество жизни инвалида. Наибольшая частота травм спинного мозга на уровне позвонков D<sub>10</sub>L<sub>1</sub> (45,6%), сравнительно низкая смертность и максимальные возможности восстановления двигательной активности (74,4%), определили важность разработки в оценке восстановления объема движений в нижних конечностях при травмах выше названного отдела [1]. Необходимость и актуальность данного исследования определяет и поиск оптимального двигательного режима для данной категории больных. Основной целью работы явилось выявить эффективность

двигательных режимов в процессе восстановления двигательной активности у больных со спинномозговой травмой.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовательская часть работы выполнялась на базе медицинского центра «Долголетие». В обследовании принимали участие 18 мужчин (35-38 лет) с диагнозом «остеохондроз пояснично-крестцового отдела позвоночника» и находились на этапе восстановительного лечения. Целью исследования являлось изучение эффективности применения лечебной гимнастики и лечебного массажа для повышения гибкости, подвижности позвоночного столба, статической выносливости мышц спины и динамической выносливости мышц брюшной стенки, а также для улучшения уровня физического здоровья пациентов.

При проведении исследования проводилось изучение показателей активной и пассивной гибкости и подвижности позвоночного столба по результатам тестов (Фишмана) [1] и Шобера [2] и определения глубины наклонов во фронтальной плоскости при этом проводилась оценка статической силовой выносливости мышц спины и оценка статической силовой выносливости мышц спины на левом и правом боку по результатам теста Фокнера [3].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При первичном обследовании средний показатель активной гибкости в контрольной группе составил  $9,4 \pm 0,5$  см, а в основной –  $8,9 \pm 0,5$  см. (табл. 1), показатель пассивной гибкости был на уровне  $11,8 \pm 0,4$  см и  $11,9 \pm 0,5$  см в контрольной и основной группах соответственно.

Показатели теста Фишмана, который определяет степень подвижности позвоночного столба, составляли – в контрольной группе  $5,2 \pm 0,2$  см и в основной группе –  $5,6 \pm 0,2$  см, что свидетельствовало о довольно высоком снижении уровня подвижности позвоночного столба. В ходе проведения теста Шобера, который характеризует степень подвижности позвоночного столба при наклоне вперед, было выявлено снижение и этой функции. Так, средний показатель по контрольной группе составлял  $3,5 \pm 0,2$  см, а в основной –  $3,9 \pm 0,2$  см.

Показатели наклона во фронтальной плоскости в начале первого курса составляли для контрольной группы  $3,7 \pm 0,1$  см., а для основной  $3,9 \pm 0,1$ . Результаты тестов свидетельствуют о том, что показатели подвижности позвоночного столба пациентов обеих групп можно оценивать – как достаточно низкие, что говорит о деструктивных и дистрофических процессах в позвоночнике (табл. 1.).

При повторном обследовании, которое проводилось на 10 день исследования было определено, что и в контрольной, и в основной группе показатели, характеризующие гибкость, и подвижность позвоночного столба возросли, и превзошли показатели при первом определении, что свидетельствует о том, что занятия лечебной гимнастикой и процедуры массажа эффективно воздействуют на эти параметры, как за счет повышения двигательной активности, так и за счет улучшения трофики в проблемной зоне.

Так, при определении показателей активной гибкости в контрольной группе средний показатель составил  $8,6 \pm 0,5$  см, что на 8,7% меньше, чем при первом

обследовании. В основной группе средний показатель составил  $7,7 \pm 0,4$  см., соответственно на 15,6% меньше чем при первом обследовании. Можно отметить, что уже к 10-му дню курса реабилитации, наметилась определенная тенденция к оптимизации активной гибкости. В ходе определения уровня пассивной гибкости в контрольной группе были выявлены следующие показатели – средний показатель составил  $12,9 \pm 0,5$  см, что на 9,2% больше, чем при первом обследовании.

**Таблица 1.**  
**Влияние комплекса реабилитационных мероприятий на динамику показателей функционального состояния опорно-двигательного аппарата**

Показатели	Контрольная группа				Основная группа				D% к-0
	X ± Sx		d % 1-20	P 1-20	X ± Sx		D% 1-20	P 1-20	
	1 день	20 день			1 день	20 день			
Активная гибкость (см.)	$9,4 \pm 0,5$	$7,8 \pm 0,4$	-19,7	<0,01	$8,9 \pm 0,5$	$6,9 \pm 0,4$	-28,5	<0,01	-8,8
Пассивн. Гибк. (см.)	$11,8 \pm 0,4$	$13,7 \pm 0,5$	+16,1	<0,05	$11,9 \pm 0,5$	$14,7 \pm 0,4$	+24,1	<0,01	+8,0
Тест Фишмана (см.)	$5,2 \pm 0,2$	$6,1 \pm 0,3$	+17,3	<0,05	$5,6 \pm 0,2$	$6,9 \pm 0,2$	+24,7	<0,01	+7,4
Тест Шобера (см.)	$3,5 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,1$	+9,9	<0,05	$3,9 \pm 0,2$	$4,6 \pm 0,2$	+18,4	<0,05	+8,5
Наклон во фронтальной плоск. (см.)	$3,7 \pm 0,1$	$4,1 \pm 0,2$	+10,5	<0,05	$3,9 \pm 0,1$	$4,6 \pm 0,1$	+18,2	<0,01	+8,3
Стат. силовая выносливость мышц спины (сек.)	$41,4 \pm 1,2$	$49,3 \pm 1,4$	+19,1	<0,01	$3,2 \pm 1,2$	$57,3 \pm 1,4$	+32,6	<0,01	+13,5
Стат. сил. вын. боковых мышц спины (сек.)									
На левом боку	$30,0 \pm 0,8$	$35,7 \pm 0,9$	+19,0	<0,01	$32,7 \pm 0,7$	$42,6 \pm 0,8$	+30,3	<0,01	+21,3
На правом боку	$29,0 \pm 0,8$	$35,1 \pm 1,1$	+21,0	<0,01	$31,6 \pm 0,7$	$40,8 \pm 0,9$	+29,1	<0,01	+7,9
Динамическая выносливость мышц бр. стенки - Тест Фокнера (раз)	$20,7 \pm 0,7$	$25,2 \pm 0,8$	+21,7	<0,01	$22,2 \pm 0,7$	$28,8 \pm 0,7$	+29,7	<0,01	+8,0

Показатель пассивной гибкости в основной группе составил  $13,3 \pm 0,5$  см, что на 11,9% больше, чем при первом обследовании. Результаты показали, что реакция мышечно-связочного аппарата и позвоночного столба была адекватной, заметна тенденция к оптимизации его работы, хотя уровень гибкости остается все еще достаточно низким.

В ходе проведения теста Фишмана в контрольной группе выявлены следующие значения - средний показатель составил  $5,7 \pm 0,2$  см., что на 9,6% больше, чем при

первом обследовании. В основной группе были выявлены следующие значения – средний показатель составил  $6,3 \pm 0,2$ , что на 12,3% больше чем при первом обследовании. Результаты теста свидетельствуют о том, что подвижность позвоночного столба обеих групп остается достаточно низкой, но тенденция роста подвижности позвоночного столба, значительно выше, чем при первом курсе реабилитации. Комплекс реабилитационных мероприятий дал не достоверный рост динамики показателей, что объясняется кратковременностью курса реабилитационных мероприятий.

В ходе проведения теста Шобера, который характеризует степень подвижности позвоночного столба при наклоне вперед, в контрольной группе были выявлены следующие значения – средний показатель составил  $3,7 \pm 0,2$  см., что на 5,4% больше, чем при первом обследовании. В основной группе средний показатель составил  $4,2 \pm 0,2$  см., что на 8,3% больше. Результаты обследования на 10-й день свидетельствуют о том, что подвижность позвоночного столба возросла, но остается достаточно низкой. При определении уровня наклона во фронтальной плоскости средние показатели соответствовали  $3,9 \pm 0,1$  см и  $4,2 \pm 0,1$  см в контрольной и основной группе соответственно, что на 5,5% и на 8,5% больше, чем при первом обследовании. В целом следует отметить, что основной группе увеличение подвижности было более выраженным, чем в контрольной группе. Это свидетельствует о положительном влиянии процедур лечебного массажа.

При заключительном обследовании, которое проводилось на 20-й день исследования, показатели характеризующие гибкость и подвижность позвоночного столба значительно возросли. Это свидетельствует о том, что проведенный комплекс реабилитационных мероприятий является эффективным средством для повышения этих параметров. По многим показателям особенно значительные изменения произошли в той группе, где дополнительно к лечебной гимнастике проводили процедуры лечебного массажа.

Так, при определении уровня активной гибкости в контрольной группе средний показатель составил  $7,8 \pm 0,4$  см, что соответственно на 19,7% достоверно ( $p < 0,01$ ) меньше, чем при первом обследовании. В основной группе средний показатель составил  $6,9 \pm 0,4$  см, что на 28,5% достоверно ( $p < 0,01$ ) (Таблица 1.) меньше, чем в первый день исследования и на 8,8% меньше, чем в контрольной группе. При определении уровня пассивной гибкости в контрольной группе средний показатель составил  $13,7 \pm 0,5$  см, что соответственно на 16,1% больше ( $p < 0,05$ ) (Таблица 1), чем при первом обследовании, а в основной -  $14,7 \pm 0,4$  см, что на 18,3% ( $p < 0,01$ ) больше, чем в первый день обследования и на 8,0% больше, чем в контроле. При проведении теста Фишмана средний показатель подвижности позвоночника на 20-й день исследования стал составлять  $6,1 \pm 0,3$  см, что на 17% ( $p < 0,05$ ) больше, чем при первом обследовании. В основной группе данный показатель составил  $6,9 \pm 0,2$  см, что на 24,7% ( $p < 0,01$ ) больше, чем в первый день обследования и на 7,4% больше, чем в контроле. При выполнении теста Шобера, который характеризует степень подвижности позвоночного столба, во время поворота в сторону, в контрольной группе средний показатель составил  $3,9 \pm 0,1$  см, что 9,9% ( $p < 0,05$ ) больше, чем в первый день обследования. В основной группе показатель возрос на 18,4%, составил

4,6±0,2 см ( $p<0,05$ ), что на 8,5% больше, чем в контрольной группе. Показатели наклона во фронтальной плоскости в контрольной и основной группе соответственно составили 4,1±0,2 см, и 4,6±0,1 см. Прирост показателя в контрольной группе был на уровне 10,5%, в основной - на 11,3% ( $p<0,01$ ), что на 8,3% больше, чем в контроле.

Оценка уровня гибкости и подвижности позвоночного столба показала, что за период курса реабилитации, под воздействием реабилитационных мероприятий в обеих группах показатели достоверно улучшились, практически во всех обследованиях (кроме наклона во фронтальной плоскости в контрольной группе). Особенно хорошие результаты были достигнуты пациентами основной группы, которые дополнительно к комплексу ЛФК получали процедуры лечебного массажа. Уровень динамики показателей, в этой группе, оказался значительно выше, чем в контроле. Высокие результаты, полученные в основной группе, отображают воздействие дополнительных средств реабилитации, которые способствовали снижению мышечного напряжения, улучшению трофики, а также уменьшению контрактур, длинных мышц спины, которые фиксировали диски в состоянии протрузии и тем самым уменьшали гибкость и подвижность позвоночного столба [3, 4].

При оценке динамики показателей, которые характеризуют состояние мышечной системы, было обнаружено, что реабилитационные мероприятия оказали более значимое влияние на эту систему, чем на состояние позвоночного столба. Так, при первичном обследовании у пациентов обеих групп проводилась исследование как статической силовой выносливости мышц спины и боковых мышц спины, так и динамической выносливости мышц брюшной стенки по результатам теста Фокнера. При этом показатели статической силовой выносливости мышц спины составили 41,4±1,2 сек и 43,2±1,2 сек, силовой выносливости мышц боковых поверхностей туловища: на левом боку 30,0±0,8 сек и 32,7±0,7 сек, на правом боку - 29,0±0,8 сек и 31,6±0,7 сек в контрольной и основной группах соответственно (Таблица 1). Показатели динамической выносливости мышц брюшной стенки при этом были на уровне 20,7±0,7 раз в контроле и 22,2±0,6 раз - в основной группе.

При повторном обследовании, которое проводилось на 10-й день второго курса реабилитации, было определено, что и в контрольной и в основной группе показатели, характеризующие статическую силовую выносливость мышц спины, и динамическую выносливость брюшной стенки возросли, что свидетельствует о том, что занятия гимнастикой эффективно воздействуют на данные параметры. Кроме того, на 10-й день исследования проявилось положительное влияние лечебного массажа. Все изменения, которые произошли в основной и контрольной группе за этот период были достоверны.

Так при оценке статической выносливости мышц спины в контрольной группе, средний показатель составил – 45,8±1,42 сек, что на 10,6% ( $p<0,05$ ) больше, чем при первом обследовании. В основной группе средний показатель составил 50,8±1,3 сек., что на 17,6% ( $p<0,01$ ) больше, чем при обследовании в первый курс реабилитации. При оценке статической выносливости мышц боковых поверхностей туловища (на левом и правом боку) в контрольной группе средний показатель составил: на левом боку 33,4±0,9 сек., что на 11,3% ( $p<0,05$ ) больше, чем в первый день второго курса, на правом боку средний показатель составил 32,0±0,8, что на 10,4% ( $p<0,05$ ) больше, чем при обследовании в первый

день. В основной группе средний показатель составил: на левом боку  $38,1 \pm 0,8$  сек, что на 16,5% ( $p < 0,05$ ) больше, чем в первый день; на правом боку средний показатель составил  $36,0 \pm 0,8$  сек, что на 13,9% ( $p < 0,05$ ) больше, чем при обследовании в первый день. В ходе проведения теста Фокнера в контрольной группе были выявлены следующие средние показатели –  $23,1 \pm 0,8$  раз, что на 11,6% больше, чем в первый день исследования. В основной группе данный показатель составил  $25,9 \pm 0,7$  раз, что на 16,7% больше, чем при первом обследовании.

При заключительном обследовании, которое проводилось на 20-й день курса реабилитации, было определено, что статическая силовая выносливость в контрольной группе возросла до  $49,3 \pm 1,4$  сек, что соответственно на 19,1% ( $p < 0,01$ ) больше, чем при первом обследовании. В основной группе этот показатель составлял –  $57,3 \pm 1,4$  сек, что соответственно на 32,6% ( $p < 0,01$ ) больше, чем в начале курса реабилитационных мероприятий и на 13,5% больше, чем в контроле. При проведении оценки статической выносливости мышц спины (на левом и правом боку) в контрольной группе средний показатель составил: на левом боку  $35,7 \pm 0,9$  сек, что на 19,0 % ( $p < 0,01$ ) больше, чем при первом обследовании; на правом боку средний показатель составил –  $35,1 \pm 1,1$  сек, что на 21% ( $p < 0,01$ ) больше, чем в первый день второго курса. В основной группе данный показатель составил: на левом боку  $42,6 \pm 0,8$  сек, что на 30,3% ( $p < 0,01$ ) больше, чем при первом обследовании; на правом боку этот показатель составил  $40,8 \pm 0,95$  сек., что на 29,1% ( $p < 0,01$ ) больше, чем при первом обследовании и на 21,3% и 7,9% больше чем в контроле, соответственно, что свидетельствует о положительном воздействии массажа.

В ходе заключительного теста Фокнера в контрольной группе были выявлены следующие показатели – средний показатель в контроле составил  $25,2 \pm 0,8$  раз, что на 21,7% ( $p < 0,01$ ) больше, чем при первичном обследовании. В основной группе этот показатель увеличился на 29,7% и составил  $28,8 \pm 0,7$  раз, что на 8,0% больше, чем в контроле.

Известно, что ослабленная мускулатура туловища – фактор риска возникновения различных нарушений позвоночного столба. Мышечная система является единственным «неинвазивным механизмом», посредством которого можно эффективно воздействовать на структуры и функции позвоночного столба. Особая роль принадлежит брюшным мышцам в обеспечении устойчивости позвоночника. Однако если на него не обращать должного внимания, то могут развиваться патологические изменения позвоночника, наши исследования подтверждают, что наиболее эффективным средством укрепления мышечного корсета, является лечебная гимнастика. Для увеличения силы мышц должны производиться усилия, превышающие привычный уровень. Поэтому программы, направленные на развитие силовых способностей, должны строиться на постепенном увеличении нагрузки на мышцы. Но, как показало исследование, более эффективным средством увеличения силовых показателей мышц, является комбинирование лечебной гимнастики с массажем и диетой. После массажа улучшается кровоснабжение и трофика мышц. Массаж способствует оптимизации тонуса мышц в покое и при сокращении, также способствует повышению ферментативной активности мышечной ткани. Таким

образом, улучшаются сократительные свойства мышц, повышается кислородная емкость мышц, ускоряется ее восстановление после нагрузки [1, 2].

### ВЫВОДЫ

1. Дополнительное включение лечебного массажа, в комплекс реабилитационных мероприятий, способствовало более эффективному восстановлению функциональных возможностей позвоночника у пациентов с пояснично-крестцовым остеохондрозом. Так, динамика активной гибкости в основной группе была на 7,1% больше, чем в контроле. Показатель уровня пассивной гибкости в основной группе был выше на 8,0%, чем в контрольной группе. Показатели теста Фишмана в основной группе были выше контроля на 7,4%. Показатель теста Шобера в основной группе выше контроля на 8,5%. Показатель наклона во фронтальной плоскости в основной группе выше показателя контроля на 7,7%.
2. Применение лечебного массажа повышает эффективность воздействия реабилитационных мероприятий на мышечную систему при пояснично-крестцовом остеохондрозе. Показатели статической силовой выносливости мышц спины в основной группе выше, чем в контрольной группе на 13,5%. При оценке статической выносливости боковых мышц спины показатели возросли в основной группе больше, чем в контрольной и составили: на левом боку – на 11,3%, больше, чем в контроле, на правом боку – на 9,1% больше, чем в контроле. Показатели теста Фокнера в основной группе выше контроля на 4,7%.
3. Исследования показали, что для восстановления нормального функционального состояния организма необходимо длительное и комплексное воздействие различных средств физической реабилитации наиболее эффективными из которых являются ЛГ и массаж.

### Список литературы

1. Калуба В.А. Биомеханика осанки. / Калуба В.А. – К.: Олимпийская литература, 2003. – 261с.
2. Васильева Л.Ф. Мануальная диагностика и терапия. Клиническая биомеханика и патобиомеханика. / Васильева Л.Ф. – СПб.: Фомиант, 2001. – 399 с.
3. Бирюков А.А. Лечебный массаж. / Бирюков А.А. – Киев: Олимпийская литература, 1997. – 196 с.
4. Веселовский В.П. Практическая вертебрология и мануальная терапия. / Веселовский В.П. – Рига, 1991. – 344 с.

**Чорна. В.М. Комплексна фізична реабілітація хворих на остеохондроз попереково-крижцевого відділу в умовах спеціалізованого центру / В.М. Чорна., С.Я. Коваль, О.В. Хом'якова, Я.Ю. Протас // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 161-168.**

В статті обговорюються результати досліджень по виявленню ефективності комплексного впливу спеціалізованих вправ лікувальної гімнастики і лікувального масажу в відновленні функційної активності опорно-рухового апарату рівня здоров'я у хворих на остеохондроз попереково-крижцевого відділу. Результати вивчення доказують ефективність використання лікувальної гімнастики для додавання гнучості хребта, а також силових показників м'язів спини і стінки животу. При комбінуванні лікувальної гімнастики з масажем ефективність занять достовірно підвищується.

**Ключові слова:** гнучкість і рухливість хребта, силові показники м'язів.

**Chornaya V.N. Kompleks physical aftertreatment of patients with osteochondrosis of lumbosacral department in the conditions of the specialized center / V.N. Chornaya, S.J. Koval, O.V. Hhomyakova, J.U. Protas // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 161-168.**

In article results of research on detection of efficiency of complex impact of specialized exercises of medical gymnastics and medical massage in restoration of functional activity of a locomotorium and health level at patients are discussed with osteochondrosis of lumbosacral department. Results of researches prove efficiency of application of medical gymnastics for augmentation of flexibility, mobility of a spine column, and also rising of power indicators of muscles of a back and an abdominal wall. At a combination of medical gymnastics with medical massage efficiency of occupations authentically raises.

**Keywords:** flexibility and power indicators of muscles, mobility of a backbone.

*Поступила в редакцию 11.04.2012 г.*



УДК 582.675.1.086.83.:547.91

## ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЛЛУСНОЙ КУЛЬТУРЫ *FATSHEDERA LIZEI* И НАКОПЛЕНИЕ В НЕЙ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ

Чмелева С.И., Омельченко А.В., Панов Д.А., Ширина А.О.

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: cmelevasiv@ukr.net

Приведены данные о влиянии различных концентраций селенита натрия на ростовые показатели *Fatshedera lizei* в культуре *in vitro*. Подобраны модификации питательных сред Мурасиге и Скуга с добавлением  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  для каллусогенеза. Получены экспериментальные доказательства о присутствии в каллусных культурах различных фракций тритерпеновых гликозидов, аналогичных интактному растению.

**Ключевые слова:** *Fatshedera lizei*, каллусная культура, индекс роста, селен, тритерпеновые гликозиды.

### ВВЕДЕНИЕ

Одной из проблем метода культуры тканей и клеток высших растений в аспекте получения ценных вторичных метаболитов является низкий конечный выход продукта.

Актуальным при использовании культуры *in vitro* представляется поиск условий, при которых обеспечивался бы оптимальный рост биомассы и максимальное накопление в ней веществ вторичного метаболизма. Основными факторами, регулирующими эти процессы в культуре *in vitro* являются регуляторы роста растений, а также соотношение макро – и микроэлементов в питательной среде [1–3].

Исследования последних лет показали, что на ростовые характеристики каллусной культуры может оказывать влияние внесение в среду культивирования соединений селена. В научной литературе имеются данные и по аккумуляции селена микроводорослями, а также некоторыми высшими растениями [4–6].

Среди веществ вторичного метаболизма значительный интерес представляют различные гликозиды, проявляющие широкий спектр фармакологического действия. *Fatshedera lizei* – гибрид, полученный при скрещивании видов *Fatsia japonica* «Moseri» и *Hedera helix* var. *hiberica* (семейство *Araliaceae*) – *Fatshedera* (X). Данное растение содержит тритерпеновые гликозиды, для которых был установлен широкий спектр биологической активности, в том числе антигрибковая, ихтиотоксическая, антивирусная, антираковая, антимуtagenная и ряд других [7–10].

В связи с изложенным, целью исследований явилось изучение влияния микроэлемента селена на ростовые характеристики *Fatshedera lizei* – в культуре *in vitro* и накопление в ней тритерпеновых гликозидов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили вегетативные органы *Fatshedera lizei*, культивируемые в условиях закрытого грунта. Растения содержали в вегетационных сосудах объемом 5 л, в субстрате, состоящем из смеси почвы, песка, керамзита и перлита. В качестве инициальных эксплантов использовали листовые черешки и фрагменты ювенильных листьев. Для соблюдения условий асептики работу по введению в изолированную культуру выполняли в условиях ламинарного бокса. Поверхностную стерилизацию материала проводили гипохлоридом натрия (5 мин) с последующей промывкой в автоклавированной дистиллированной воде. Экспланты культивировали на агаризованных модифицированных питательных средах Мурасиге и Скуга (МС) [11], дополненных 2,4-Д (2,4-дихлорфенилуксусная кислота) – 2,0 мг/л, 6-БАП (6-бензиламинопурин) – 0,5 мг/л, кинетином – 0,5 мг/л и селенидом натрия в различных концентрациях. В питательные среды добавляли селенит натрия ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) в качестве источника Se(IV) в концентрациях 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 мг/л. Цикл выращивания культур составлял 60-90 суток. В качестве культуральных сосудов использовали пробирки 2x20 см, содержащие 15 мл питательной среды. На каждый вариант питательной среды было высажено по 30 эксплантов определенного типа в 3-х кратной повторности. Экспланты культивировали при температуре 23-25°C, освещенности 4-5 клк и 16-часовом фотопериоде. Частоту каллусообразования оценивали в процентах по количеству эксплантов, давших каллус, от общего числа эксплантированных. Индекс роста (соотношение среднего объема каллусной культуры к исходному объему каллуса) определяли морфометрическим методом [12]. Результаты исследований были обработаны статистически с помощью программы Microsoft Office Excel 2007.

Для химического анализа на содержание тритерпеновых гликозидов каллусные культуры, находящиеся в стационарной фазе роста, извлекали из культуральных сосудов и высушивали при комнатной температуре. Воздушно-сухую массу тщательно измельчали и экстрагировали 80 % изопропиловым спиртом. Для определения тритерпеновых гликозидов использовали тонкослойную хроматографию (ТСХ) на пластинках «Silufol», в нейтральной системе растворителей хлороформ-метанол-вода (100:40:7). Детектирование фракций тритерпеновых гликозидов на хроматограммах осуществляли 10 % спиртовым раствором фосфорновольфрамовой кислоты с добавлением 2% параоксибензальдегида с последующим нагреванием хроматограмм при 100-120°C. В качестве контроля использовали водно-спиртовые экстракты из листьев *Fatshedera lizei* [7].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования по влиянию  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  на индукцию каллусогенеза в культуре вегетативных органов *Fatshedera lizei* показали, что каллусогенез зависел от концентрации  $\text{Se}^{2+}$  в питательной среде и не зависел от типа используемого экспланта (табл. 1). Во всех исследуемых вариантах с применением селена наблюдался каллусогенез, при этом максимальная частота (97,1–97,3 %) установлена нами на питательной среде МС3, дополненной 1,0 мг/л  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ .

Высокая частота каллусообразования как для ювенильных листьев, так и для листовых черешков (93,1–94,9 %) нами была установлена и на питательной среде МС2 и МС4, дополненных 0,5 и 2,0 мг/л селена, соответственно, а также в вариантах без добавления селена (94,0–95,2). При этом, между опытными и контрольными вариантами достоверной разницы нами не отмечено.

**Таблица 1**  
**Зависимость частоты каллусообразования от типа экспланта и состава питательной среды**

Тип экспланта	Питательная среда	Концентрация фитогормонов в питательной среде, мг/л				Концентрация Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub> , мг/л	Частота каллусообразования, % ( $\bar{x} \pm s \bar{x}$ )
		2,4-Д	6-БАП	кинетин	ИУК		
Фрагменты ювенильных листьев	МС1	2,0	0,5	0,5	-	0	95,2±2,1
Фрагменты листовых черешков							94,0±2,1
Фрагменты ювенильных листьев	МС2	2,0	0,5	0,5	-	0,5	94,7±2,0
Фрагменты листовых черешков							94,9±2,0
Фрагменты ювенильных листьев	МС3	2,0	0,5	0,5	-	1,0	97,3±1,3
Фрагменты листовых черешков							97,1±1,3
Фрагменты ювенильных листьев	МС4	2,0	0,5	0,5	-	2,0	94,2±1,7
Фрагменты листовых черешков							93,1±1,7
Фрагменты ювенильных листьев	МС5	2,0	0,5	0,5	-	5,0	73,2±3,2
Фрагменты листовых черешков							71,2±3,2

При добавлении в питательную среду 5,0 Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> мг/л частота каллусообразования была достоверно снижена и составила для ювенильных листьев 73,2 %, а для листовых черешков – 71,2 %, соответственно (табл. 1).

Первые признаки каллусогенеза при введении различных типов эксплантов в условия *in vitro* отмечались на 10–14 сутки культивирования, независимо от состава питательной среды и от типа экспланта.

Каллус, индуцированный из эксплантов разного типа, имел светлую, слегка желтоватую окраску и характеризовался плотной консистенцией (рис. 1).

После 45 суток культивирования каллус пересаживали на свежую питательную среду. Для пассирования каллуса, индуцированного в культуре фрагментов ювенильных листьев и фрагментов листовых черешков использовали среды, на которых частота каллусообразования была наибольшей (табл. 1).

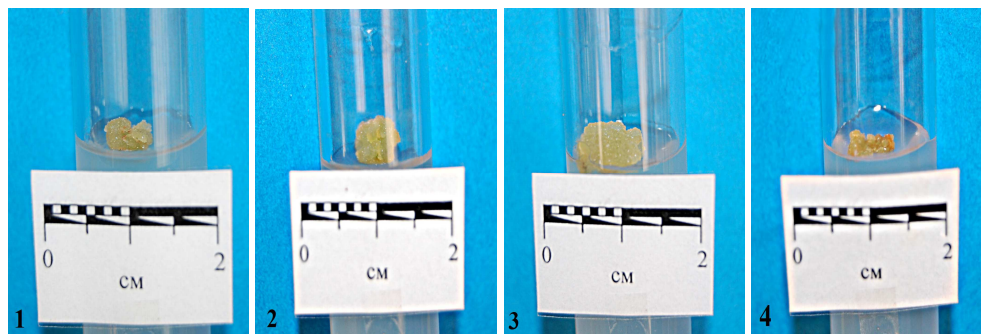


Рис. 1. Первичная каллусная ткань *Fatshedera lizei*, культивируемая на модифицированных питательных средах (30 суток) с добавлением  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ : 1 – 0,5 мг/л Se; 2 – 1,0 мг/л Se; 3 – 2,0 мг/л Se; 4 – 5,0 мг/л Se.

Анализируя данные по влиянию селена на ростовые характеристики клеточных культур *Fatshedera lizei* нами было установлено, что при содержании в питательной среде  $\text{Se}^{2+}$  в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л индекс роста каллусной культуры повышался в 1,3–1,4 раза по сравнению с контрольным вариантом (рис. 2).

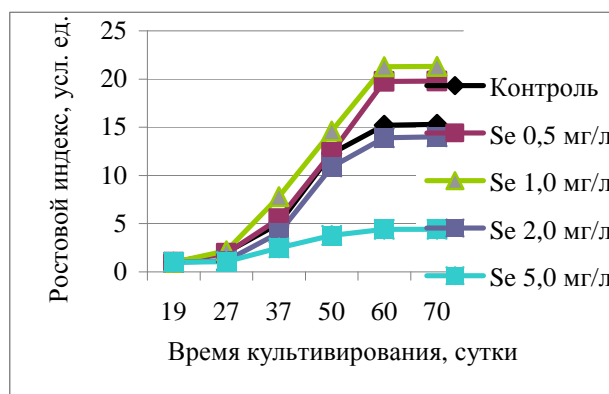


Рис. 2. Ростовой индекс каллусной культуры *Fatshedera lizei*, культивируемой на модифицированных питательных средах с добавлением  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ .

При добавлении в питательную среду 5,0 мг/л селена было установлено, что при данной концентрации микроэлемента наблюдается достоверное снижение ростовой активности клеточных культур в 3,4 раза по сравнению с контролем (рис. 2).

При химическом анализе интактного материала *Fatshedera lizei* было выявлено 5 различных фракций тритерпеновых гликозидов, имеющие в качестве агликона – хедерагенин (сине-фиолетовые хроматографические зоны: **B**, **D**, **E**, **F** и **H**) и 3 фракции тритерпеновых гликозидов – олеаноловой кислоты (розовые хроматографические зоны: **A**, **C** и **G**). По ТСХ фракции гликозидов идентифицированы с заведомо известными образцами гликозидов. Установлено, что фракции **A** и **B** представляют собой 3-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозиды олеаноловой кислоты (1) и хедерагенина (2), соответственно. Фракции **C** и **D** – 3-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1→2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозиды

олеаноловой кислоты (3) и хедерагенина (4), соответственно. Фракция **Е** представляет собой 28-О-β-*D*-глюкопиранозильный эфир 3-О-β-*D*-глюкопиранозил-(1→2)-О-α-*L*-арабинопиранозид хедерагенина (5). Фракция **Г** – 28-О-α-*L*-рамнопиранозил-(1→4)-β-*D*-глюкопиранозил-(1→6)-О-β-*D*-глюкопиранозильный эфир 3-О-α-*L*-арабинопиранозид хедерагенина (6). Фракции **Г** и **Н** представлены 28-О-α-*L*-рамнопиранозил-(1→4)-β-*D*-глюкопиранозил-(1→6)-О-β-*D*-глюкопиранозильными эфирами 3-О-β-*D*-глюкопиранозил-(1→2)-О-α-*L*-арабинопиранозидов олеаноловой кислоты (7) и хедерагенина (8), соответственно (Рис. 3). Данные гликозиды ранее были выделены из различных видов растений семейства Аралиевых.

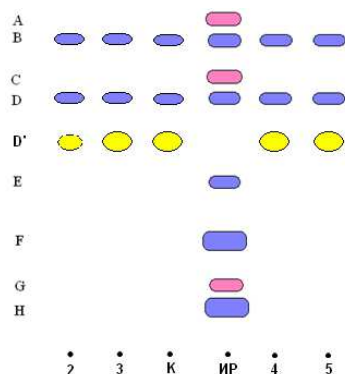
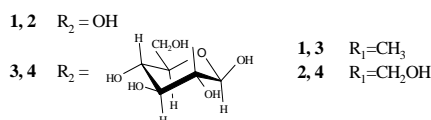
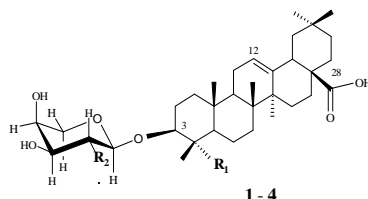


Рис. 3. Схема распределения гликозидных фракций из листьев интактных растений и каллусных культур растения *Fatshedera lizei*, культивируемых на модифицированных питательных средах с добавлением  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ .

- К – концентрация  $\text{Se}^{2+}$  в среде – 0 мг/л (контроль);
- 2 – концентрация  $\text{Se}^{2+}$  в среде – 0,5 мг/л;
- 3 – концентрация  $\text{Se}^{2+}$  в среде – 1,0 мг/л;
- 4 – концентрация  $\text{Se}^{2+}$  в среде – 2,0 мг/л;
- 5 – концентрация  $\text{Se}^{2+}$  в среде – 5,0 мг/л.

Анализ каллусных культур на содержание тритерпеновых гликозидов показал, что наличие в питательной среде  $\text{Se}^{2+}$  в разной концентрации не оказывает существенного влияния на синтез как тритерпеновых, так и фенольных гликозидов (**Д\***). В образцах каллусных культур не наблюдаются фракции гликозидов олеаноловой кислоты (фракции **А** и **С**), однако данный факт может и не быть связан с присутствием  $\text{Se}^{2+}$  т.к. в контрольном образце эти фракции также отсутствуют.

При химическом анализе каллусных культур нами установлено, что они отличаются от интактных эксплантов по фракционному составу исследуемых веществ и при этом продуцируются преимущественно монодесмозидные гликозиды, содержащие углеводный компонент только по атому агликона С-3. При анализе каллусных культур, культивируемых на питательных средах с различным содержанием селена, нами были идентифицированы только 2 фракции гликозидов (**В** и **Д**).



Таким образом, проведенные исследования позволили подобрать составы питательных сред с содержанием селена для индукции каллусогенеза из эксплантов вегетативных органов растения *Fatshedera lizei*. Химический анализ каллусных культур показал присутствие в них различных фракций тритерпеновых гликозидов. Изложенные результаты подтверждают уже известные факты о возможности получения клеточных культур растений, накапливающих тритерпеновые гликозиды. Так, в последние годы удалось получить экспериментальные доказательства о содержании тритерпеновых гликозидов в каллусных и суспензионных клеточных культурах *Ginkgo biloba* L., *Atroгене sibirica* L., *Ycca macrocarpa* Englem, *Dioscorea deltoidea* W., *Clematis vitalba* L., *Nerium oleander* L. При этом было показано, что биосинтез гликозидов зависит от типа экспланта, способности к гистогенезу, условий культивирования и состава питательной среды.

Поскольку исследований по получению каллусных культур *Fatshedera lizei* на модифицированных питательных средах Мурасиге и Скуга с различными концентрациями селена и анализа их на тритерпеновые гликозиды ранее не проводилось, настоящая работа является первым экспериментальным доказательством получения каллусных культур данного вида, содержащих спектр тритерпеновых гликозидов, аналогичных интактному растению.

### ВЫВОДЫ

1. Подобраны составы питательных сред с различными концентрациями селена для индукции каллусогенеза и получения каллусной культуры из эксплантов вегетативных органов *Fatshedera lizei*.
2. Показана зависимость изменения величины индекса роста каллусной культуры от различных концентраций селена в питательных средах Мурасиге и Скуга.
3. Установлено, что каллусные культуры из эксплантов ювенильных листьев и листовых черешков *Fatshedera lizei* содержат тритерпеновые гликозиды, характерные для интактного растения.

### Список литературы

1. Левенко Б.А. Биотехнология растений: сегодня и завтра / Б.А. Левенко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1999. – Т 32. – № 3. – С. 163–171.

2. Бутенко Р.Г. Клеточные технологии для получения экономически важных веществ растительного происхождения / Р.Г. Бутенко // Культура клеток растений и биотехнология. – М. : Наука, 1986. – С. 3–20.
3. Носов А.М. Регуляция синтеза вторичных соединений в культуре клеток растений / А.М. Носов // Биология культивируемых клеток и биотехнология растений. – М. : Наука, 1991. – С. 5–20.
4. Тамбиев А.Х. Аккумуляция селена микроводорослями и цианобактериями / А.Х. Тамбиев, Н.Н. Кирикова // Экология моря. – 2000. – Вып. 54. – С. 38.
5. Солдатов С.А. Влияние селената натрия на рост, развитие и проявление пола у двудомных растений конопли: *Cannabis sativa* L. 2005 [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: <http://www.dissercat.com>.
6. Тайкова В.П. Влияние селена на ростовые характеристики *Astragalus dasyanthus* (Pall.) в культуре *in vitro* / В.П. Тайкова, Л.М. Теплицкая // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62). – № 2. – С. 157–162.
7. Гришковец В.І. Тритерпенові глікозиди аралівих: виділення, встановлення будови, біологічна активність та хемотаксономічне значення : автореф. дис... д-ра хім. наук : 02.00.10 / Гришковец Володимир Іванович; Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Багатського НАН України. – Одеса, 2004. – 39 с.
8. Кунах В.А. Биотехнология лекарственных растений. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи / Кунах В.А. – К. : Логос, 2005. – 730 с.
9. Кемоклидзе З. Тритерпеновые гликозиды фатсии японской – *Fatsia japonica*, культивируемой в Грузии и новый лекарственный препарат фатцифлогин : автореф. дис. ... канд. фармац. наук спец: 15.00.02 – фармацевтическая химия, фармакология / Зураб Кемоклидзе; АН Грузии, Ин-т фармаколог. – Тбилиси, 1999. – 26 с.
10. Смычков В.Ф. Противовоспалительные свойства сапонинов плюща колхидского / В.Ф. Смычков, Н.Ф. Фаращук // Здравоохр. Белоруссии. – 1975. – Т. 2, № 11. – С. 27.
11. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // *Plant Physiol.* – 1962. – Vol. 15. – P. 473–497.
12. Калинин Ф.Л. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Калинин Ф.Л., Сарнацкая В.В., Полищук В.Е. – К. : Наукова думка, 1980. – 488 с.

**Чмельова С.І. Вплив селену на ростові характеристики калусної культури *Fatshedera lizei* і накопичення в ній тритерпенових глікозидів / С.І. Чмельова, О.В. Омельченко, Д.О. Панов, Г.О. Шіріна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 169-175.**

Наведено дані про вплив різних концентрацій селеніту натрію на ростові показники *Fatshedera lizei* в культурі *in vitro*. Підібрано модифікації поживних середовищ Мурасіге і Скуга з додаванням  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  для калусогенезу. Отримано експериментальні докази про присутність в калусних культурах різних фракцій тритерпенових глікозидів, аналогічних інтактній рослині.

**Ключові слова:** *Fatshedera lizei*, калусна культура, індекс росту, селен, тритерпенові глікозиди.

**Chmeleva S.I. Effect of selenium on the growing characteristics callus culture *Fatshedera lizei* and accumulation in its triterpene glycosides // S.I. Chmeleva, A.V. Omelchenko, D.A. Panov, A.O. Shirina // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 169-175.**

The data on the effect of various concentrations of sodium selenite on the growth rates *Fatshedera lizei* in culture *in vitro*. Selected nutrient media modified Murashige and Skoog c  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  addition to callus formation. Experimental evidence of the presence of callus cultures of various fractions of triterpene glycosides similar to those of intact plants.

**Keywords:** *Fatshedera lizei*, callus culture, the growth index, selenium, triterpene glycosides.

Поступила в редакцию 19.04.2012 г.

**UDK 612.-014**

**CHANGES OF HEART RATE AND FRACTAL NEURODYNAMICS  
VARIABILITY INDICATORS UNDER CONTROLLED BREATHING IN THE  
HEART RATE OSCILLATIONS FREQUENCY SPECTRUM**

*Chuyan E.N., Birukova E.A., Zayachnikova T.V.*

*Taurida National V.I.Vernadsky University, Human Functional State Correction Centre, Simferopol,  
Ukraine  
E-mail: health.centre.tnu@gmail.com*

Changes of heart rate and fractal neurodynamics variability indicators in the conditions of controlled breathing in the heart rate oscillations frequency spectrum are studied.

It is shown that controlled breathing whose frequency corresponds to the frequency of localisation of the maximum peak of heart rate power in the low-frequency (LF) range is a powerful mechanism for controlling heart rate and modifying functional state as a whole. It is possible to study the properties of the heart rate vegetative control system's own oscillation processes on the basis of the resonance effect in the heart rate spectrum under controlled breathing whose frequency corresponds to the frequency of localisation of the maximum peak of heart rate power in the LF range.

**Keywords:** controlled breathing, heart rate variability, fractal neurodynamics, heart rate vegetative control system.

**INTRODUCTION**

Of special interest in recent years has been investigating synchronization of biological rhythms in living organisms whose vital functions are determined by interaction of many complex rhythmic processes [1-3]. A striking example of such an interaction among different physiological rhythms is the functioning of a human cardiovascular system (CVS). The most important oscillation processes determining its dynamics are basic heart rate (HR), breathing as well as processes of slow HR and blood pressure regulation, whose natural frequency is near 0.1 Hz [4]. The majority of physiological oscillations are however not strictly periodic, with rhythms usually varying irregularly under the influence of varying external factors and noise perturbations [2]. Heart rate is not an exception. The CVS regulation mechanism mediated by the vegetative nervous system (VNS) action is modulated by a number of various external influences (such as breathing, physical activity, body position modifications, psychoemotional changes etc.) [2]. As a result of their interaction, these rhythms manifest themselves in various signals such as electrocardiogram (ECG), blood pressure, blood stream and heart rate variability (HRV) [5].

It has recently been revealed that the CVS basic rhythms can be synchronised among themselves [6-9], the finding being in line with the present-day ideas about the functioning of complex systems [2]. Besides, it has been revealed that the system setting the basic HR, or the heart vegetative control system (HVCS), can be considered as a self-oscillator under



the external influence represented in this case by breathing [9, 10]. Application of controlled breathing (CB) can therefore be viewed as an introduction of a periodic component in the external noise signal entering the HVCS.

According to the present-day ideas about the CVS vegetative control system organization, the said system is characterised by the presence of a basic self-oscillation process at the frequency of about 0.1 Hz (low-frequency spectrum range) [11-16]. This oscillation process, which varies under external influences and determines the dynamics of an organism's vegetative status, is generally considered to characterize the basic properties of the HVCS central part [17-20]. It has been proved that breathing and vascular tonus regulation rhythms are synchronized at the frequency of 0.1 Hz [9]. The choice of a CB perturbation frequency is therefore often made on the basis of de Boer's model, where the presence of a system's natural oscillations at the frequency of 0.1 Hz allows using the resonance response in the low-frequency range of HR oscillations with the period of 10 seconds [11-15]. The resonance effect is in this case caused by physical coincidence of the frequencies of the two harmonious oscillation processes: exterior respiratory perturbation and the system's natural oscillations. However, individual variability of the wave peak in the low-frequency range (from 0.05 Hz to 0.15 Hz) is widely known, therefore it is a shortcoming of the existing approaches that the respiration rate of 1 inspiration/6 seconds (0.1 Hz) [11-15] does not always have a resonance response in the HVCS.

Hence, the use of the CB method at an individually fitted frequency [21] has good prospects. Yet, most commonly used procedures do not provide any criteria to assess adequacy and efficiency of using CB parameters from the point of view of the functional state of the CVS as a whole and interactions among its parts, which depend on the quality and concordance of functioning vegetative regulation mechanisms, i.e. while using the CB method we face a situation which is quite typical in science, when new ideas are put in practice before any insights into the action mechanisms of the factor underlying these ideas are reached. Thus, the possibility of modifying HVCS parameters and an organism's functional state as a result of CB at an individually fitted frequency remains unstudied. The aim of the present research is therefore to detect changes in the heart rate and fractal neurodynamics variability indicators under the conditions of controlled breathing in the heart rate oscillations frequency spectrum.

## MATERIALS AND METHODS

42 conditionally healthy female students aged between 18 and 21 have been examined in the research. All the examinees have volunteered to participate in the examination.

A preliminary HRV record made with the help of an Omega M hardware-software complex (HSC) (produced by *Dynamica* Research Laboratory, St. Petersburg) revealed individually typological differences among the examinees, related, among other things, to stress index values (Si or Ii intensity index [22]): Si values did not exceed 50 arbitrary units in 21% of the examinees, were between 50 and 200 arbitrary units in 50%, and exceeded 200 arbitrary units in 29%.

Only the volunteers showing Si values between 50 and 200 arbitrary units were admitted to the experiment ( $n = 21$ ). This kind of selection was made because, first, it enabled us to form a homogeneous sample of examinees and, second, because such values

prevailed among the examined students, which suggests that these examinees developed the most typical reaction to CB.

Examinations were made daily within a 10-day period as well as 7 days after the termination of the CB course (17th day of the experiment) in order to record the aftereffect at the same time of the day, thereby eliminating any impact of circadian HRV variations on the reasearch results [23, 24].

Examinations began with recording an ECG signal in the first standard lead by means of the Omega M HSC, which had been developed on the basis of an essentially new method for discrete dynamic analysis of heart and brain rhythms. Rhythmograms obtained as a result of processing the electrocardiosignal are basically sequences of time intervals between contiguous heart excitations. Five rhythms were identified on the basis of the electrocardiosignal for the software-hardware implementation of the method: *R-R* intervalogram (sequence of *R-R* intervals), *R-T* intervalogram (sequence of *R-T* intervals), ratios of *R* and *T* wave amplitudes (sequences of *R* and *T* ratio amplitudes) and off-duty ratio of the electric signal (sequence of ratios of the cardiocomplex period to its duration). Each rhythm is used as a basis for identifying first-order waves, enveloping the said rhythms. Thus, a proper transition from rhythmograms to time functions is carried out.

Recordings were made with examinees sitting and breathing quietly within 5 minutes, i.e. the time needed to get 300 cardiocomplexes. To achieve the set goal, we applied the basic methods of HRV analysis (in the assessment system recommended by the standards of the European Cardiological Society and the North American Society of Pacing and Electrophysiology [25]): statistical methods (RMSDD, SDNN, pNN50), geometrical methods (Amo, Mo, Dx), spectral methods (HF, LF, VLF, TOTAL, LF/HF) and FND (A, B, C, D, Health), which are explicitly featured in literature and our previous investigations [26].

It is known that time series oscillations of cardiointervals are characterized by self-similarity, i.e. there is repeatability of their properties in different time scales [27]. Since the human CVS is self-organized in such a way that it has no characteristic duration or time scale, it would be reasonable to expect its structure to distort as a result of any deflection in one's functional state. Therefore fractal analysis of biorhythms provides moreexhaustive information on the state of biological objects and can be an important supplement to the traditional methods of HR analysis.

The neurodynamic method of processing rhythmograms is a means of transforming the signals  $f_1(t)$ ,  $f_2(t)$ ,  $f_3(t)$ ,  $f_4(t)$  and  $f_5(t)$  into a binary code combination, which consists of a sequence of impulses whose parameters are all identical.

On the first day of the experiment background records of HRV and FND indices were made during spontaneous breathing to obtain control records. The electrocardiogram records were being monitored against any forced inspirations and breath holdings so as to eliminate any arbitrary breathing influences on an examinee's CVS, i.e. examinations were made in relatively standard conditions.

On the experimental days that followed, records of HRV and FND indices were made during CB whose frequency corresponded to the frequency of localisation of the maximum peak of HR power in the LF range.

During a CB session, each examinee breathed in his or her individual rhythm set by a “respiratory sphere”, whose parameters were calculated on the basis of the rhythmogram recorded immediately before the breathing session on the Omega HSC (fig. 1, 2).

The depth of breathing corresponded to the size of the sphere: the bigger the sphere the deeper the inspiration, the smaller the sphere the fuller the expiration.

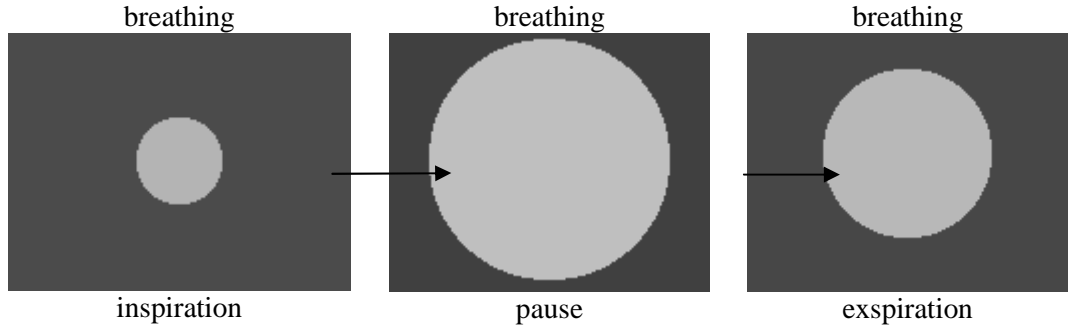


Fig. 1. Controlled breathing phases set by the Omega HSC.

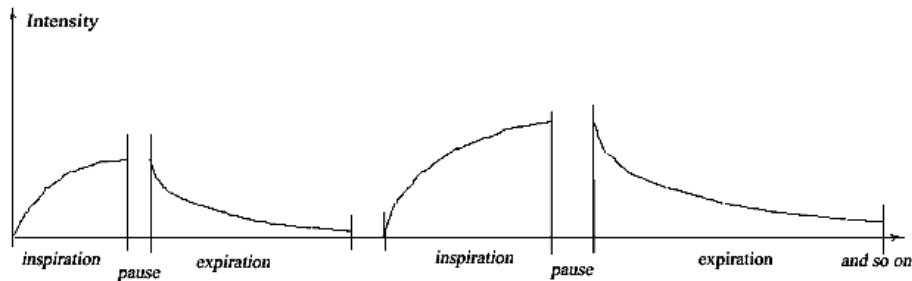


Fig. 2. Graph of controlled breathing phases in the Omega-M HSC.

The ratio of inspiration and expiration time intervals was constant – 38% of inspiration and 62% of expiration, which complies with the “golden section” rule [28]. The breathing periods showed exponential growth at the beginning and exponential decrease in the completion phase.

The duration of a CB session was about 5 minutes. The next rhythmogram record was made not earlier than 5 minutes after the end of the CB session.

Changes in the HRV and FND indices against the control record obtained on the first (background) day of the experiment were considered as a criterion of efficiency of the method applied. Statistical treatment of the data was carried out with the help of Omega-M and Statistics 6.0 software packages. Reliability of the differences between the obtained data sets was assessed by means of Wilkoxson’s criterion.

**RESULTS AND DISCUSSION**

Statistical methods of HR analysis showed a reliable ( $p < 0.05$ ) increase of PNN50, RMSSD and SDNN indices in the examinees during a ten-day individually fitted frequency CB course, starting from the 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 5<sup>th</sup> observation days, respectively (fig. 3).

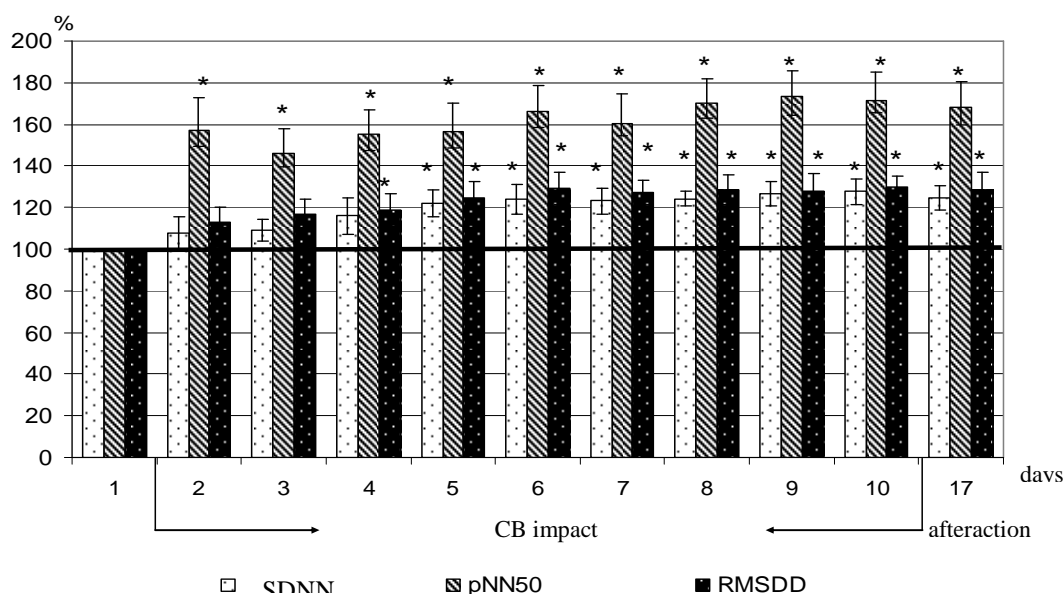


Fig. 3. Modifications of the heart rate statistical analysis indices induced by controlled breathing at an individually fitted frequency in examinees in different stages of the experiment (percentage wise against the initial values taken as 100 %).

Note: \* - reliability of differences is  $p < 0.05$  according to Wilkoxson's criterion against the initial values of the indices under study.

On the 10th day of our examination the values of RMSSD, SDNN and PNN50 indices increased by 30% ( $p < 0.05$ ), 28% and 71% ( $p < 0.01$ ) respectively against the background values.

It is known that SDNN is a cumulative index showing variability of ranges of R-R intervals over the entire period under consideration, which describes the HRV as a whole [29], and an increase of the SDNN suggests intensification of autonomic regulation. Values of the RMSSD index are calculated on the basis of the times series of value differences of consecutive pairs of cardiointervals and do not contain any slow-wave HR components [26]. Any augmentation of the difference between the cardiointervals results in an increase in the RMSSD value, which suggests activation of the parasympathetic VNS.

Along with stabilisation of SDNN and RMSSD indices starting from the 5<sup>th</sup> or 6<sup>th</sup> day of the observation, we registered the earliest (since the 1<sup>st</sup> controlled breathing session) and most significant increase of the pNN50, most evident on the 9<sup>th</sup> day (by 73% ( $p < 0.05$ ) against the initial values). The pNN50 index provides information similar to the one offered by RMSSD. Yet, since we take into account only difference values exceeding 50 ms when calculating it, this index is more sensitive to high-frequency HR respiratory oscillations and therefore reflects the activity of the autonomic regulation circuit and the VNS tonus more efficiently.

Thus, the increasing values of HRV statistical indices (SDNN, pNN50 and RMSSD) testify to the effect that the CB course induced intensification of the autonomic circuit, in

particular intensification of the parasympathetic part of HR regulation, and therefore optimized regulation of living functions.

Besides, it should be noted that 7 days after the termination of the CB sessions the values of HRV statistical indices remained reliably higher than the initial values, suggesting that the course in question had a pronounced aftereffect.

The obtained data are further proved by HR geometrical analysis data, which show that reliable changes in the studied indices occurred as early as after the 5<sup>th</sup> CB session (fig. 4), and on the 10<sup>th</sup> day of our observation Dx index values were 17% higher ( $p < 0.01$ ) and Amo index values were 19% lower ( $p < 0.05$ ) than their initial values.

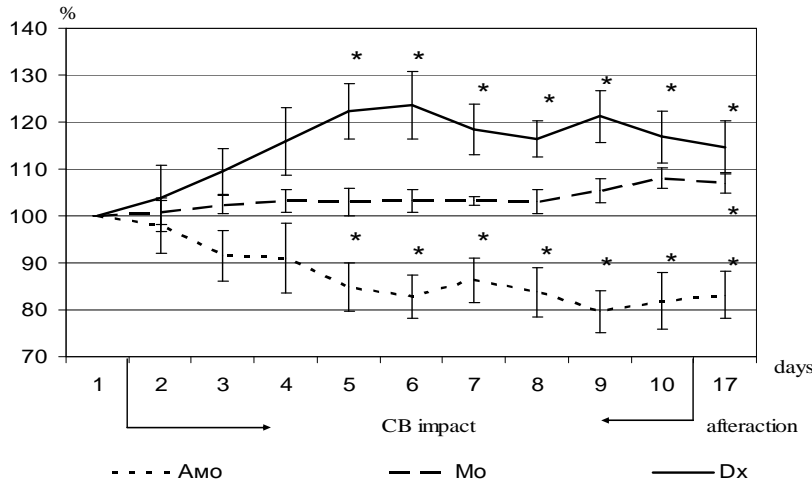


Fig. 4. Modifications of the heart rate geometrical analysis indices induced by controlled breathing at an individually fitted frequency in examinees in different stages of the experiment (percentage wise against the initial values taken as 100 %).

Note: the notations are identical to the ones in fig. 3.

It is known [22] that geometrical methods of HRV analysis are basically mathematical analysis of histograms of R-R interval distributions. Thus, dilation of the R-R histogram base and flattening of its dome are characterized by falling Amo values and growing Dx and Mo values and can suggest activation of the parasympathetic VNS and decreased impact of its sympathetic part on HR as well as be indicative of increased activity of the CVS autonomic regulation circuit regulation [25], as was registered in our examinees undergoing the CB course at the frequency within the HR oscillation low-frequency range.

Furthermore, seven days after the CB course, biological responses were reliably different from the initial values: Amo - 83%, Dx - 114% ( $p < 0.05$ ; fig. 4).

Geometrical analysis data can be expressed quantitatively in terms of variational pulsometry indices, the most common and informative method of variational pulsometry being analyzing the Si stress-index of an organism's regulatory systems.

Under the influence of CB, on the 5<sup>th</sup> day of the experiment Si decreased sharply by 31% ( $p < 0.05$ ) against the background values of this index (fig. 5).

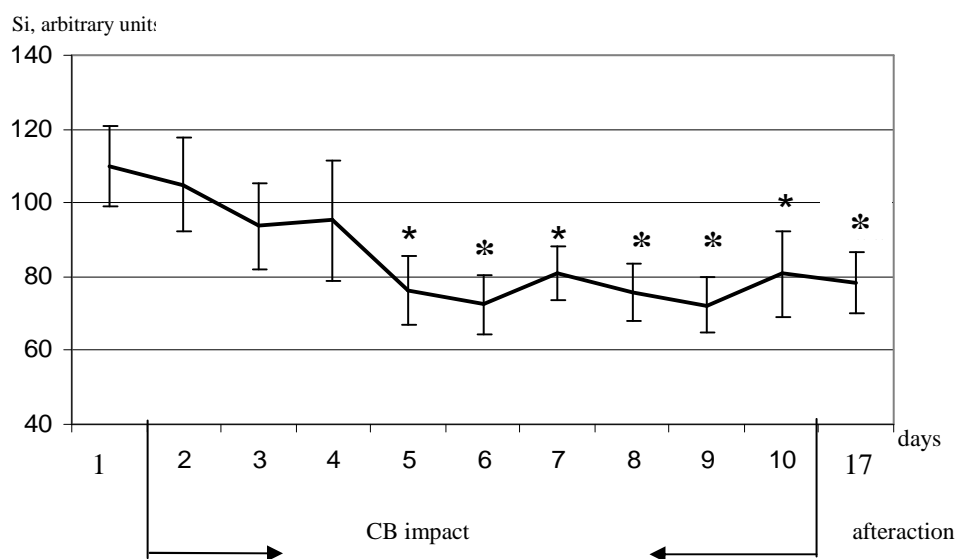


Fig. 5. Si modifications (arbitrary units) induced by controlled breathing at an individually fitted frequency in examinees in different stages of the experiment.  
*Note:* the notations are identical to the ones in fig. 3.

It should be noted that after the subsequent CB sessions the values of this index remained in the range between 75 and 80 arbitrary units, suggesting that Si values had reached a “plateau” (fig. 5). Si still remained at this level 7 days after the termination of the CB course.

As is known [30], Si characterises a degree of predominance of sympathetic effects over parasympathetic ones as well as a stress level of regulatory systems [22]. The decrease of Si values as a result of CB at the frequency of maximum peak localisation in the LF HR range is therefore yet another evidence of increased vagal actions on HR and reduced stress levels of examinees’ regulatory systems.

The fact that examinees show a significant decrease of Si values as early as after the 5<sup>th</sup> CB session opens up possibilities for practical application of this method to reduce stress caused by psychoemotional or physical exertion. It can be mentioned that Si increases 1.5 to 2.0 times under physical stress [31.], 1.1 to 3.9 times under emotional pre-examination stress in students and schoolchildren [32], 1.4 to 1.7 times in cosmonauts during a magnetic storm [33], and 20 to 30 times in sportsmen during sports events such as games and single combats, suggesting a grave functional stress state “on the verge of adaptation breakdown” [34].

Spectral analysis of drive characteristics of bioelectric signals, which is widely used as a noninvasive method in heart vegetative regulation examinations, revealed reliable changes of the studied indices in the examinees, starting from the 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> day of the experiment (fig. 6). Yet, maximum value increases of the indices under study were registered on the 10<sup>th</sup> day of CB, when spectrum power values in the LF and HF HR ranges had grown by 112 and 69% ( $p < 0.01$ ) respectively against the background values of these indices. It must be noted

that this growth was mostly accounted for by growing power of the LF-component of the spectrum. Changes in the VLF-component of the spectrum proved to be unreliable.

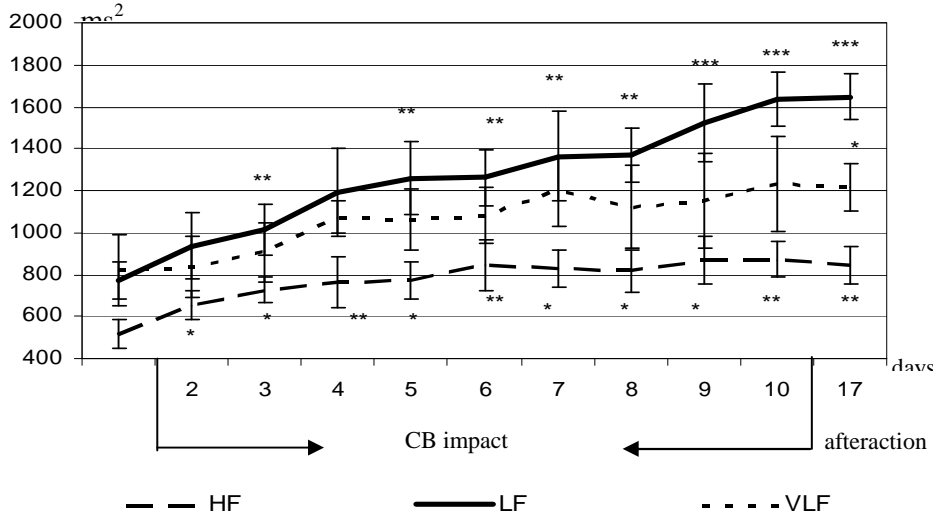


Fig. 6. Modifications of heart rate spectral components power (ms<sup>2</sup>) induced by controlled breathing at an individually fitted frequency in examinees in different stages of the experiment.

Note: the notations are identical to the ones in fig.1.

There are numerous experimental data showing that the HRV spectrum obtained by analyzing short (3-to-5-minute) rhythmogram fragments has a solely neurogenic nature, for the high-frequency component as well as the both low-frequency components of the HRV spectrum disappear after heart denervation [35], are missing in transplanted heart patients [36] as well as in anencephalic foetuses [37].

It is nowadays generally acknowledged that HF-components of the spectrum (0.15 – 0.4 Hz) are related to respiratory movements and reflect the HR vagal control whereas LF-components characterize the condition of the sympathetic VNS [25], and, in particular, that of the vascular tonus regulation system (activity of the vasculomotor centre). Besides, some authors have shown that increased power of the HR LF-component is indicative of improved baroreflex regulation of haemodynamics [19].

Furthermore, the sympathovagal LF/HF interaction coefficient showed a tendency ( $p > 0.05$ ) to change under the CB influence. Thus, starting from the 4<sup>th</sup> day of our research we registered an increase in the LF/HF coefficient, which reached its maximum values by the 9<sup>th</sup> day – 2.57 arbitrary units, or 135% against the control values.

It is known that the dynamics of this index is indicative of changing balance between the sympathetic and parasympathetic parts of the VNS [29]. Yet, under the CB influence, the LF/HF ratio in the spectrum approached 3, suggesting predominance of low-frequency rhythms, intensified baroreflex regulation and intensified sympathetic effects on our examinees' HR.

Consequently, the obtained data revealing increased power of both LF- and HF-components of the HR spectrum as well as the LF/HF coefficient in examinees practising

CB at a frequency within the low-frequency HR spectrum component can suggest intensifying vagal effects and intensifying baroreflex regulation of the HVCS.

Along with changes in the power of individual HRV spectrum components, CB induced an increase in the aggregate power of the spectrum (TP) (fig. 7).

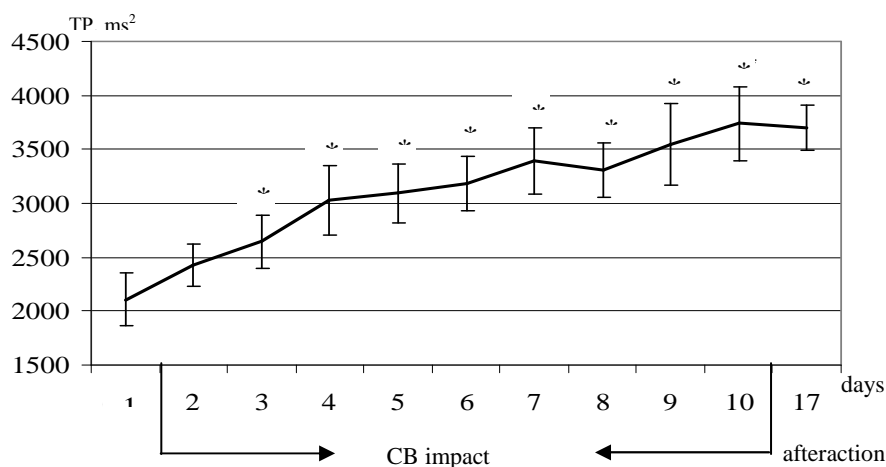


Fig. 7. Modifications of the aggregate spectrum power index (ms<sup>2</sup>) induced by controlled breathing at an individually fitted frequency in examinees in different stages of the experiment.

Note: the notations are identical to the ones in fig. 3.

Thus, on the 10th day of CB our examinees registered maximum TP values, which made 177% ( $p < 0.001$ ) against the background values of the same index.

TP is known to reflect aggregate vegetative effects on HR. Vagal activation is usually accompanied by a TP increase [25]. Therefore, a TP increase in examinees practising CB at an individually fitted frequency can be put down to activation of the vegetative circuit and decreased action of the central circuit of HVCS regulation.

At the same time, it is known that the higher the aggregate power of the spectrum is the more pronounced the organism's adaptive capabilities are [25]. A conclusion can therefore be made that CB increases examinees' adaptive potential, which agrees with the reference literature data [21].

Since applied physiology and clinical medicine use HRV not only for studying HVCS, but also for assessing an organism's functional reserves, regulation characteristics and adaptive reactions, the next stage of our research was analyzing CB-induced changes in HRV derivative parameters – integral FND indices, which make it possible to pool all information about different levels of body regulation.

The CB course resulted in growth of all studied FND indices in our examinees by 17 to 23% ( $p < 0.01$ ) on average against the background values (see the Table).

Of particular interest are findings obtained as a result of analyzing dynamic changes of HRV and FND indices depending on the CB course duration. Differences were found in most HRV and FND indices. Reliable changes of the parameters under consideration were recorded as early as after the 3<sup>rd</sup> CB session although the maximum effects of the CB



course were registered by the 9<sup>th</sup> or 10<sup>th</sup> day. Thus, our research shows that at the early stages the CVS and the organism as a whole respond to CB rather slowly, but their response intensifies under repeated exposure and persists for a long time, which suggests the presence of a cumulative CB effect at the LF HR frequency.

**Table**

**Dynamics of integral indices of examinees' functional state**

Days	Indices				
	A	B	C	D	Health
1	61,21 ± 2,83	66,94±4,33	56,42 ±3,58	57,94±2,75	60,63 ±3,10
2	69,48±4,03 p<0,05	70,70±4,82	62,41±3,31	63,91±3,12	66,62±3,53 p<0,05
3	65,03 ± 3,37 p<0,05	74,38±4,52	64,52 ±2,62 p<0,05	63,47 ±2,69	66,85 ±2,86 p<0,05
4	66,08±4,74	74,33±5,49	59,97±4,02	62,38±4,41	69,50±3,37 p<0,01
5	70,07± 3,83 p<0,05	79,64± 3,91 p<0,05	65,67 ±4,16 p<0,05	66,24 ±3,48 p<0,05	70,41 ±3,63 p<0,05
6	72,06±3,53 p<0,01	81,53±3,38 p<0,01	65,98±3,35 p<0,05	67,18±2,98 p<0,05	71,69±3,04 p<0,01
7	70,08±2,87 p<0,01	77,24±,21 p<0,01	66,30 ±3,44 p<0,05	68,53 ±2,91 p<0,01	70,54 ±2,83 p<0,01
8	71,44±3,26 p<0,05	81,42±3,28 p<0,01	65,59±2,65 p<0,05	68,15±2,74 p<0,05	71,65±2,62 p<0,05
9	73,80±3,05 p<0,01	82,44±3,21 p<0,01	69,48±2,62 p<0,01	69,97±2,10 p<0,01	73,92±2,37 p<0,001
10	71,87 ± 3,26 p<0,05	80,14± 4,60 p<0,01	69,07 ±2,88 p<0,01	71,13 ±3,20 p<0,01	73,39 ±3,29 p<0,01
17 interaction	74,05 ± 3,74 p<0,01	81,53± 3,74 p<0,05	71,48 ±3,49 p<0,01	72,08 ±3,66 p<0,01	73,60 ±3,61 p<0,01

These data largely refute the ideas of those authors [27] who have proved that CB can be effectively used for the purpose of raising the anaerobic threshold and obtaining the “doping effect”. The said “doping effect” is however transient and fails to produce the long-term aftereffect obtained when using the method under study and therefore fails to bring about any persistent changes in the organism’s functional state.

Thus, according to our research results, a ten-day CB course at an individually fitted frequency brings about reliable changes in the HRV indices under study as well as its derivatives. It is known [30] that HRV is an integral index showing interactions of three HR regulating factors: reflex sympathetic factor, reflex parasympathetic factor and humoral-metabolic-mediator medium. Changing HR is a universal prompt response of the whole organism to any external stimulus and characterizes a balance between the sympathetic tonus and the parasympathetic tonus. Therefore our findings showing reliable changes in HRV and FND indices suggest that CB at the maximum peak frequency in the HR LF

range normalizes examinees' sympathovagal balance. The CB course had a pronounced effect on the activity of both the parasympathetic VNS (RMSSD, pNN50, Dx) and the sympathetic VNS (Amo) as well as contributed to the cumulative effect of vegetative regulation (SDNN). The CB course also effected considerable changes in the stress-index of regulatory systems (Si), which is indicative of adaptive changes in the examinees' organisms. It is important to emphasize that CB also brought about significant changes in the HRV wave indices reflecting the internal structure of a number of cardiointervals and providing insights into the mechanisms underlying the observed final effect of regulatory influences. The mentioned changes concerned both the HRV spectrum aggregate power indices (TP) and its components (HF and LF), i.e. autonomic and segmental HR regulation levels. The most significant increase of the spectrum power (if compared to the same indices during spontaneous breathing) occurred in the LF HR range on the frequency of about 0.1 Hz as a response to CB. According to A.R.Kiselyov et al. [38, 39], HRV spectral components characterize the HVCS state in any particular time point, the low-frequency (LF) range of the HRV spectrum being a result of functioning of central SVUS mechanisms and the high-frequency (HF) range reflecting interactions between the cardiovascular and respiratory regulation centres during spontaneous breathing. It seems fair to suppose that the recorded phenomenon of LF-component increasing more significantly than the HF component under CB can be put down to central and vegetative respiration-dependent synchronization between the respiratory system and the CVS and suggests increased baroreflex regulation based on the resonance effect in the HR spectrum under CB at frequencies corresponding to oscillation frequencies of the said spectrum.

Thus, the LF-component of the HRV spectrum is a marker of the HVCS functional state, which should be investigated under CB at a frequency that corresponds to the frequency of localisation of the maximum peak of HR power in the low-frequency range.

It must be noted that the reliable increase of HRV derivative indices, which have been obtained using the FND method, indicates that CB at an individually fitted frequency ensures regulation of HR controlling functions at different levels (autonomic, vegetative, hypothalamohypophysial and central ones) and, hence, helps to improve adaptive capabilities of the organism as a whole.

Consequently, the dynamics of HRV and FND indexes suggests that an individually fitted frequency CB course can selectively modify basic HR regulation mechanisms important for adaptation, restoring intersystem connections (largely due to normalization of vegetative regulation), which brings about activation of the organism's inner reserves, nonspecific resistance mechanisms, neuroendocrinal regulation optimisation and enhancement of physiological reserves as well as helps to normalize the functional state of the organism as a whole.

This can probably be explained by the fact that a feedback system is of great importance for proper functioning of any oscillatory control circuit, and HVCS is an oscillatory control circuit, too [10] The nature of an efferent signal will depend on the characteristics of the afferent information entering the oscillatory circuit control centre. Qualitative diversity of afferent information, which is related to manifold factors surrounding the system, generates an efferent signal corresponding to specific conditions, which is an optimum way of functioning of a control system. Introduction of a harmonic

component whose frequency coincides with the basic frequency of the control centre oscillations into an afferent signal causes certain standardization of afferent information during a time interval in this circuit, i.e. synchronization of control mechanisms in line with environment conditions is possible. It is therefore possible to modify characteristics of the organisms's own oscillatory processes based on the resonance effect in the HRV spectrum by means of CB in the HR oscillation frequency range.

Thus, using CB at a frequency selected individually on the basis of the previously made HRV record can be viewed as introduction of a periodic component into the external signal for the purpose of harmonizing a human being's vegetative control system, and reliable positive changes in examinees' HRV and FND indices take place due to the fact that endogenous rhythms adjust themselves to the external CB-set rhythm. Indeed, many investigations show cardiorespiratory synchronization, i.e. synchronization between the basic HR and the respiratory rhythm [6]. Meanwhile, increasing synchronization of heart and respiratory rhythms is viewed as an improvement of adaptive capabilities of the CVS and the organism as a whole. Yet, it will be possible to make any final conclusions regarding synchronization changes of the rhythmic processes under study only when simultaneous records of the HRV and the pneumogram are made and the crosscorrelation coefficient is calculated, which is the object of our subsequent research. If synchronization is detected, it will be evidence of adequate interaction of CVS functional components when adapting to CB at an individually fitted frequency.

#### CONCLUSION

1. Controlled breathing whose frequency corresponds to the frequency of localisation of the maximum peak of heart rate power in the low-frequency range is a powerful mechanism for controlling heart rate and modifying functional state as a whole.
2. It is possible to investigate HVCS own oscillatory processes based on the resonance effect in the HRV spectrum during controlled breathing at a frequency corresponding to the frequency of localisation of the maximum peak of heart rate power in the low-frequency range.
3. Increased values of indices obtained by means of statistical analysis of HRV SDNN (by 28%), pNN50 (by 71%;  $p < 0.01$ ) and RMSSD (by 30%;  $p < 0.05$ ) suggest that, as a result of a CB course whose frequency corresponds to the frequency of localisation of the maximum peak of heart rate power in the low-frequency range, the activity of the autonomic circuit and the parasympathetic regulation system intensified and regulation of living functions was optimized.
4. HRV geometrical analysis methods showed that CB at an individually fitted frequency caused an increase in the values of Dx index (by 17%;  $p < 0.01$ ) accompanied by a decrease in the values of Amo index (by 19 %;  $p < 0.01$ ), indicating activation of the parasympathetic VNS, activation of the autonomic regulation circuit and reduced centralization of heart rate control.
5. The CB course at an individually fitted frequency brought about a significant Si decrease (by 26 %), which suggests increased vagal effects on the heart rate as well as reduced stress level of regulatory systems.

6. An increase of the aggregate spectrum power (by 77 %;  $p < 0.001$ ) induced by CB at the frequency coinciding with the frequency of heart rate spectrum LF-component oscillations is evidence of intensified vegetative effect on heart rate. The increase of the LF spectrum component power (by 112%) is much more significant than the increase of the HF component power (by 69 %;  $p < 0.01$ ), which can be put down to central and vegetative respiration-dependent synchronization between the respiratory system and the cardiovascular system and suggests increased baroreflex regulation on the basis of the resonance effect in the heart rate spectrum under CB at frequencies corresponding to oscillation frequencies of the said spectrum.
7. The LF-component of the HRV spectrum is a marker of the functional state of the heart rate vegetative control system, which should be investigated during controlled breathing at a frequency that corresponds to the frequency of localisation of the maximum peak of heart rate power in the low-frequency range.
8. The reliable increase of HRV derivative indices, which have been obtained by means of fractal neurodynamics method, indicates that controlled breathing ensures regulation of heart rate controlling functions at different levels (autonomic, vegetative, hypothalamohypophysial and central ones) and, hence, helps to improve adaptive capabilities of the organism as a whole.
9. Changes in the indices of heart rate variability and biorhythms fractal neurodynamics in examinees practising controlled breathing at the heart rate spectrum oscillation frequency depend on the duration of the controlled breathing course: reliable changes were registered in the parameters under study only after the 3<sup>rd</sup> CB session and the maximum effects of the CB course were recorded only by the 9<sup>th</sup> or 10<sup>th</sup> day.
10. A CB course has a marked aftereffect, as is suggested by a reliable change in the indices of heart rate variability and fractal neurodynamics 7 days after the termination of the course.

#### References

1. Glass L. From clocks to chaos: the rhythms of life. / L. Glass, M.C. Mackey // Princeton University Press, Princeton – 1988. – P. 214.
2. Glass L. Synchronization and rhythmic processes in physiology / L. Glass // Nature – 2001. – Vol. 410. – P. 277.
3. Mosekilde E. Chaotic synchronization, applications to living systems / E. Mosekilde, Yu. Maistrenko, D. Postnov // World Scientific, Singapore – 2002. – P. 42.
4. Malpas S. Neural influences on cardiovascular variability: possibilities and pitfalls / Malpas S. // *Physiol Heart Circ Physiol.* – 2002. – Vol. 282. – P. 6–20.
5. Stefanovska A. Physics of the human cardiovascular system. / A. Stefanovska, M. Bracic // *Contemp Phys.* – 1999. – Vol. 40. – P. 31–55.
6. Schäfer C. Synchronization in Human Cardiorespiratory System. / C. Schäfer, M.G. Rosenblum, H.H. Abel, J. Kurths // *Phys Rev E* – 1999. – Vol. 65 – P. 20.
7. Bracic-Lotric M. Synchronization and modulation in the human cardiorespiratory system. / Bracic-Lotric, M and Stefanovska, A. // *Physica A.* – 2000. – Vol. 283. – P. 61.
8. Regions of cardiorespiratory synchronization in humans under paced respiration. / S. Rzezinski, N.B. Janson, A.G. Balanov [et al.] // *P. Phys Rev E.* – 2002. – Vol. 66. – P. 51.
9. Research into synchronization of human cardiovascular rhythms based on R-R interval sequence. / M.D. Prokhorov, M.D. Bodrov, V.I. Ponomarenko [et al.] // *Biophysica* – 2005. – Vol. 50. – P. 914–919.
10. Ringlwood J.V. Slow oscillations in blood pressure via a nonlinear feedback model. / Ringlwood, J.V. and Malpas, S.C. // *Am. J. of Physiology.* – 2001. – Vol. 280, № 4. – P. 1105.

11. Heart rate and blood pressure variability in normal subjects compared with data from beat-to-beat models developed from de Boer's model of the cardiovascular system. / A.M. Whittam, R.H. Claytont, S.W. Lord [et al.] // *Physiol. Meas.* – 2000. – Vol. 21, № 2. – P. 305.
12. De Boer R.W. Hemodynamic fluctuations and baroreflex sensitivity in humans: a beat-to-beat model. / R.W. De Boer, J.M. Karemaker, J. Stracker // *Am. J. Physiol.* – 1987. – Vol. 253, № 3. – P. 680.
13. De Boer R.W. On the spectral analysis of blood pressure variability. / R.W. De Boer, J.M. Karemaker, J. Stracker // *Am. J. Physiol* – 1986 – Vol. 251, № 3. – P. 685.
14. De Boer R.W. Relationships between short-term blood pressure fluctuations and heart variability in resting subjects. I. A spectral analysis approach. / R.W. De Boer, J.M. Karemaker, J. Stracker // *Med. Biol. Eng. Comput.* – 1985. – Vol. 23, № 4. – P. 352.
15. De Boer R.W. Relationships between short-term blood pressure fluctuations and heart variability in resting subjects. II. A simple model. / R.W. De Boer, J.M. Karemaker, J. Stracker // *Med. Biol. Eng. Comput* – 1985. – Vol. 23, № 4. – P. 359.
16. Low-frequency oscillation in arterial pressure and heart-rate: a simple computer model. / J.B. Madwed, P. Albrecht, R.G. Mark [et al.] // *Am. J. Physiol.* – 1989. – Vol. 256, № 6. – P. 1573.
17. Pagani, M. Interpreting oscillations of muscle sympathetic nerve activity and heart rate variability. / M. Pagani, A. Malliani // *J. Hypertension.* –2000. – Vol. 18, № 12. – P. 1709.
18. Physiology and pathophysiology of heart rate variability in humans: is power spectral analysis largely an index of baroreflex gain? / P. Sleight, M.T. La Rovere, A. Mortara [et al.] // *Clin. Sci.* – 1995. – Vol. 88, № 1. – P. 103.
19. Richter D.W. Central regulation of autonomic functions. Cardiorespiratory control. / D.W. Richter, K.M. Spyer // Oxford Univ. Press, New York. – 1990. – P. 189–207.
20. Vascular resistance and arterial pressure low-frequency oscillations in the anesthetized dog. / A. Cevese, R. Grasso, R. Poltronieri [et al.] // *Am. J. Physiol.* – 1995. – Vol. 268. – P. 7.
21. Trinyak N.G. Controlling your breath and health. / N.G. Trinyak // *Zdorovye*, Kiev. – 1991
22. Bayevsky R.M. Assessment of adaptive capabilities of an organism and disease risk. / R.M. Bayevsky, A.P. Bersenev // *Medicine*, Moscow. – 1997
23. Circadian rhythms of frequency domain measures of heart rate variability in healthy subjects and patients with coronary artery disease. Effects of arousal and upright posture. / H.V. Huikuri, M.J. Niemela, S. Ojala [et al.] // *Circulation* – 1994. – Vol. 90, № 1. – P. 121.
24. Heart rate dynamics during human sleep. / C. Cajochen, J. Pischke, D. Aeschbach [et al.] // *Physiol. Behav.* – 1994. – Vol. 55, № 4. – P. 769.
25. Working group of the European Cardiology Society and the North American Society of Pacing and Electrophysiology Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Vestnik Arhytmologii.* – 1999 – Vol. 11. P. 53–78.
26. Individual profile of functional state in students with different vegetative regulation tonus. / E.N. Chuyan, E.A. Biryukova, M.J. Ravayeva [et al.] // *Scientific notes of Taurida National V.I.Vernadsky University* – 2009. – Vol. 22 (61), № 2. – P. 152–165.
27. Substantiation of hardware-software methods designed for screening diagnostics of internal diseases and assessment of treatment and prevention effectiveness in the system of medical examinations of military personnel and MO pensioners. Research report, BMA, St Petersburg – 2002
28. Kobayashi M. l/f fluctuation of heartbeat period. / M. Kobayashi, T. Musha // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* – 1982. – Vol. 29. – P. 456.
29. Michailov V.M. Heart rate variability: practical experience / V.M. Michailov // *Ivanovo State Medical Academy*, Ivanovo – 2002.
30. Bayevsky R.M. Calculus of heart rate under stress. / R.M. Bayevsky, O.I. Kirilov // *Nauka*, Moscow. – 1984
31. Analysis of heart rate variability using different electrocardiographic systems (Guidelines). / R.M. Bayevsky, G.G. Ivanov, L.V. Chireykin [et al.] – *Vestnik Arhytmologii* – 2001. – Vol. 24. – P. 66-85.
32. Shcherbatykh Y.V. Vegetative manifestations of examination stress. / Y.V. Shcherbatykh // Author's abstract of the diss. *Dr.Sci.Biol.* St Petersburg. – 2001
33. Grigoryev, A.И. Health concept and the problem of norm in space medicine. / A.И. Grigoryev, R.M. Bayevsky // *Slovo*, Moscow. – 2001

34. Competitive stress in different-profile sportsmen on heart rate variability indices. / N.A. Agadzhanian, T.E. Batotsyrenova, Y.N. Semenov [et al.] // Physical Training Theory and Practice. – 2006. – Vol. 1. – P. 2-4.
35. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. / S.D. Akselrod, D. Gordon, F.A. Ubel [et al.] // Science. – 1981. – Vol. 213, № 4503. – P. 220-222.
36. Spectral analysis of heart rate variability following human of heart transplantation evidence for functional denervation. / E.L. Fallen, M.V. Kamath, D.N. Chista [et al.] // Nerv. Syst. – 1988. – Vol. 23. – P. 199.
37. Terao T., Kawashima Y., Noto H. and Amyk J. Obstet. Gynecol. – 1984. – Vol. 149. – P. 201.
38. Dynamics of power of low- and high-frequency spectrum ranges of heart rate variability in coronary patients with different coronary atherosclerosis severity levels during loading tests. / A.R. Kiselyov, V.I. Gridnev, O.M. Posnenkova [et al.] // Physiologiya cheloveka. – 2008. – Vol.34, № 3. – P. 57-64.
39. Living systems technology / A.R. Kiselyov, B.P. Bezruchko, A.N. Strunina [et al.] // Physiologiya cheloveka. – 2007. – Vol. 4, № 4. – P. 34–41.

**Чуян Е.Н. Изменение показателей variability ритма сердца и фрактальной нейродинамики в условиях управляемого дыхания на частоте колебаний спектра сердечного ритма / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, Т.В. Заячникова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С.176-190.**

Изучены изменения показателей variability сердечного ритма и фрактальной нейродинамики в условиях управляемого дыхания на частоте колебаний спектра сердечного ритма. Показано, что управляемое дыхание, частота которого соответствует частоте локализации максимального пика мощности сердечного ритма в низкочастотном (LF) диапазоне является мощным механизмом управления сердечным ритмом и изменением функционального состояния организма в целом. Изучение свойств собственных колебательных процессов системы вегетативного управления ритмом сердца возможно на основе эффекта резонанса в спектре сердечного ритма при воздействии управляемого дыхания с частотой, соответствующей частоте локализации максимального пика мощности сердечного ритма в низкочастотном (LF) диапазоне.

**Ключевые слова:** управляемое дыхание, variability сердечного ритма, фрактальная нейродинамика, система вегетативного управления ритмом сердца.

**Чуян О.М. Зміна показників variability ритму серця і фрактальної нейродинаміки в умовах керованого дихання на частоті коливань спектру серцевого ритму / О.М. Чуян, О.О. Бірюкова, Т.В. Заячнікова // Вчені записки Таврійського національного університету ім.В.І.Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 176-190.**

Вивчені зміни показників variability серцевого ритму і фрактальної нейродинаміки в умовах керованого дихання на частоті коливань спектру серцевого ритму. Показано, що кероване дихання, частота якого відповідає частоті локалізації максимального піку потужності серцевого ритму в низькочастотному (LF) діапазоні є потужним механізмом управління серцевим ритмом і зміною функціонального стану організму в цілому.

Вивчення властивостей власних коливальних процесів системи вегетативного управління ритмом серця можливо на основі ефекту резонансу в спектрі серцевого ритму при дії керованого дихання з частотою, відповідній частоті локалізації максимального піку потужності серцевого ритму в низькочастотному (LF) діапазоні.

**Ключові слова:** кероване дихання, variability серцевого ритму, фрактальна нейродинаміка, система вегетативного управління ритмом серця.

*Поступила в редакцію 14.05.2012 г.*

**УДК 615.834:616.85**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАБИЛИТАЦИИ КАРДИОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ**

*Шрамко Ю.И., Черная В.Н., Котов С.А.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: timur328@gmail.com*

В статье обсуждаются результаты исследования по выявлению информативности при использовании анализа вариабельности сердечного ритма для оценки эффективности комплекса реабилитационных мероприятий для постинфарктных больных в условиях поликлиники. В результате проведенных реабилитационных мероприятий существенным изменениям подверглись показатели кардиоинтервалограммы, которые в наибольшей степени выражены в основной группе пациентов. Анализ вариабельности сердечного ритма позволяет более подробно расшифровать основные механизмы воздействия различных реабилитационных мероприятий.

**Ключевые слова:** вариабельность, сердечный ритм, интервал R-R, индекс вегетативного равновесия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются серьезной медико-социальной проблемой, как во всем мире, так и в Украине. Начиная с 1995 г. в Украине отмечается прогрессирующий рост смертности от ССЗ, достигшей в 2008 г. одного из наивысших уровней в Европе — 63,6% [1]. В структуре смертности от ССЗ основное место занимает ишемическая болезнь сердца (ИБС) - 67%, при этом главными факторами развития ИБС являются артериальная гипертензия, атеросклероз, курение, нарушения липидного обмена, ожирение, сахарный диабет. Немаловажным фактором риска является гиподинамия, >38% мужчин и >50% женщин ведут малоподвижный образ жизни, независимо от возраста. Ежегодно в Украине регистрируются около 50 000 тыс. новых случаев инфаркта миокарда (ИМ) [2]. Проблема ранней физической реабилитации больных ИМ, разработка критериев назначения и оценка эффективности ранних физических тренировок является весьма актуальной.

Анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) является методом оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека и животных, в частности, общей активности регуляторных механизмов, нейрогуморальной регуляции сердца, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы.

Текущая активность симпатического и парасимпатического отделов является результатом реакции многоконтурной и многоуровневой системы регуляции кровообращения, изменяющей во времени свои параметры для достижения

оптимального приспособительного ответа, который отражает адаптационную реакцию целостного организма.

Адаптационные реакции индивидуальны и реализуются у разных лиц с различной степенью участия функциональных систем, которые обладают в свою очередь обратной связью, изменяющейся во времени и имеющей переменную функциональную организацию. Метод основан на распознавании и измерении временных интервалов между R-зубцами ЭКГ (R-R-интервалы)

Основным показанием к применению методов анализа ВСР является наличие вероятных изменений со стороны регуляторных систем организма, в частности изменений вегетативного баланса. Поскольку практически нет таких функциональных состояний или заболеваний, в которых бы не участвовали механизмы вегетативной регуляции, то сфера применения метода анализа ВСР поистине неисчерпаема. Это обусловлено тем, что метод на сегодняшний день, является, пожалуй, единственным доступным, неинвазивным, достаточно простым и относительно дешевым методом оценки вегетативной регуляции.

Вегетативные изменения при ИМ отмечаются многими авторами [3]. В то же самое время, обычные вегетативные пробы часто не в состоянии выявить незначительные и остаточные нарушения вегетативного баланса, являющиеся неблагоприятными прогностическими критериями для больных, перенесших ИМ. В связи со всем вышеизложенным, целью данной работы явилось изучение использования показателей ВСР для оценки эффективности различных программ лечебной физической культуры (ЛФК) на поликлиническом этапе у больных, перенесших инфаркт миокарда.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследование проводилось во 2-й городской поликлинике города Одессы в период с 21 ноября 2011 года по 12 февраля 2012 года. В исследовании принимали участие 20 мужчин в возрасте 55–60 лет с диагнозом: ИБС, инфаркт миокарда, постинфарктный кардиосклероз 1-го функционального класса. Больные включались в исследование не ранее чем через 6 мес. после инфаркта миокарда.

Больные были разделены на две группы – основную и контрольную, по 10 человек в каждой. В обеих группах был назначен щадяще-тренировочный режим реабилитации; подготовительный этап. Реабилитацию проводили групповым методом двумя курсами по 10 дней с перерывом в один месяц.

В контрольной группе проводили:

- Утреннюю гигиеническую гимнастику по 10 минут ежедневно, в течение двух курсов реабилитации, а так же в перерыве между этапами;
- Лечебный массаж, курсом 10 процедур по 15 – 20 минут ежедневно, в течение каждого этапа реабилитации. Лечебный массаж чередовали с физиотерапией, курсом 10 процедур по 10 минут ежедневно, в течение каждого этапа реабилитации.
- В основной группе проводили:
- Утреннюю гигиеническую гимнастику по 10 минут ежедневно, в течение двух курсов реабилитации, а так же в перерыве между этапами;



- ЛФК ежедневно, по 15 минут, начиная со второго этапа реабилитации;
- Лечебный массаж, курсом 10 процедур по 15 – 20 минут в течение каждого этапа реабилитации. Лечебный массаж чередовали с физиотерапией, курсом 10 процедур по 10 минут ежедневно, в течение каждого этапа реабилитации.
- Лечебную ходьбу по системе К.Купера на втором этапе реабилитации.

Кроме того, пациентам обеих групп была назначена рациональная диета.

Для решения поставленных задач проводилось определение показателей кардиоинтервалограммы по Баевскому [4]. Определялись: R-Rmax,min(c)-максимальная и минимальная продолжительность интервала R-R; SDNN (мс) - стандартное отклонение величин нормальных RR-интервалов; RRNN, мс — среднее значение частоты сердечных сокращений; RMSSD, мс — среднеквадратичное отклонение RR-интервала, показатель активности парасимпатического звена вегетативной регуляции; Мо, сек. — Мода, диапазон наиболее часто встречающихся значений кардиоинтервалов; АМо, % — амплитуда Моды, число кардиоинтервалов, попавших в диапазон Моды; ВР, сек. — вариационный размах, вычисляется как разница между максимальным и минимальным значениями RR-интервалов (ширина основания гистограммы); ИВР, у.е. — индекс вегетативного равновесия; ИН, у.е. — индекс напряжения регуляторных систем; ТР, мс<sup>2</sup> — суммарная мощность всех компонентов спектра. Кроме показателей ВРС, определяли вегетативный индекс Кердо (ВиК) с помощью программы Adapt-Rlite, а также индекс Руфье. Достоверность различий полученных результатов оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При обследовании пациентов в двух группах до начала реабилитации нами были выявлены следующие изменения исследуемых показателей. В обеих группах пациентов на кардиоинтервалограмме имелись изменения параметров variability ритма сердца, что проявлялось достоверным увеличением ИН и АМо относительно нормы ( $p < 0.001$ ), при уменьшении variability сердечного ритма (SDNN), ( $p < 0.001$ ), что свидетельствует о снижении у больных, перенесших ОИМ парасимпатических влияний на сердце, увеличении тонуса симпатической нервной системы и значительной перестройке автономной регуляции, с централизацией регуляторных влияний вегетативной нервной системы (табл. 1).

В то же самое время, индекс Руфье, как интегральный показатель деятельности сердечно - сосудистой системы и косвенный показатель работоспособности, в обеих группах до курса реабилитации находился на уровне удовлетворительной работоспособности (табл.2).

Показатели вегетативного индекса Кердо находились в пределах вегетативного баланса, и не обнаруживали какого-либо преобладания симпатических влияний.

Таким образом, до курса реабилитации в организме пациентов обеих групп наблюдался целый ряд регуляторных нарушений, которые обнаруживались только при проведении анализа ВРС.

В конце 2 – го этапа реабилитации нами были зарегистрированы изменения кардиоинтервалограммы, которые были наиболее выражены в основной группе.

Прежде всего, увеличилась продолжительность сердечного цикла, нормализовались значения SDNN, что, наряду со снижением ИВР, характеризовало нормализацию вегетативного баланса пациентов в данной группе в сторону преобладания парасимпатического отдела. Последнее подтверждалось снижением АМо до  $14,035 \pm 2,4\%$  ( $p < 0,001$ ). Снижение симпатических влияний привело также к уменьшению степени напряжения регуляторных систем, что выражалось в уменьшении значений ИН до  $281 \pm 85,5$  у.е. ( $p < 0,001$ ) и значений TP до  $3424,815 \pm 137,12$  мс<sup>2</sup> ( $p < 0,001$ ) (табл.1).

**Таблица 1.**  
**Состояние показателей кардиоинтервалограммы больных с инфарктом миокарда, постинфарктный кардиосклероз, 1 функциональный класс в период реабилитации**

Показатели	До реабилитации			После реабилитации		
	Контрольная группа	Основная группа	Физиологическая норма	Контрольная группа	Основная группа	Р К-О
R-R Max(c)	$0,95 \pm 0,01$	$0,94 \pm 0,02$	0,75-0,10	$0,956 \pm 0,01$	$0,997 \pm 0,04$	
R-R min(c)	$0,61 \pm 0,01$	$0,61 \pm 0,01$	0,75-0,10	$0,610 \pm 0,03$	$0,786 \pm 0,04$	$p < 0,001$
RRNN (мсек)	$0,76 \pm 0,05$	$0,76 \pm 0,05$		$0,847 \pm 0,040$	$0,929 \pm 0,050$	$p < 0,01$
SDNN (мсек)	$54,72 \pm 3,07$	$55,10 \pm 3,07$	60—80	$55,8 \pm 2,7$	$67,3 \pm 6,4$	
RMSSD (мсек)	$36,90 \pm 3,29$	$37,0 \pm 3,30$	20-50	$37,92 \pm 3,5$	$53,58 \pm 4,71$	$p < 0,01$
Mo(c)	$0,73 \pm 0,05$	$0,70 \pm 0,05$		$0,75 \pm 0,06$	$0,887 \pm 0,02$	$p < 0,01$
АМо (%)	$44,18 \pm 3,08^{***}$	$46,60 \pm 3,08^{***}$	11	$37,47 \pm 3,9$	$14,035 \pm 2,4$	$p < 0,001$
BP(c)	$0,34 \pm 0,01$	$0,35 \pm 0,01$	0,15-0,45	$0,34 \pm 0,02$	$0,30 \pm 0,05$	
ИВР (у.е.)	$129,97 \pm 6,86$	$130,9 \pm 6,86$		$110,28 \pm 12,8$	$51,5 \pm 18,5$	$p < 0,01$
ИН (у.е.)	$895,5 \pm 30,0^{***}$	$917,5 \pm 49,3^{***}$	60-140	$742 \pm 94$	$281 \pm 85,5$	$p < 0,001$
TP (мс <sup>2</sup> )	$6798,56 \pm 910,7^{***}$	$6799,56 \pm 910,7^{***}$		$5431,62 \pm 885$	$3424,82 \pm 137,12$	$p < 0,01$

Примечание: \*\*\* $p < 0,001$  (до реабилитации достоверность определялась по сравнению с нормальными значениями)

В результате проведенных нами реабилитационных мероприятий существенным изменениям подверглись показатели кардиоинтервалограммы, наиболее выраженные в основной группе пациентов.

Прежде всего, в указанной группе произошло достоверное увеличение продолжительности сердечного цикла, на что указывало увеличение значений RRmin на 29% (  $p < 0,001$ ) и RRNN на 23% (  $p < 0,01$ ) от исходных значений (изменения последнего показателя свидетельствовали об удлинении электрической диастолы миокарда [5]). Данные изменения произошли вследствие активации парасимпатического звена регуляции сердечной деятельности. Это подтверждалось увеличением в основной группе показателя RMSSD на 45% (  $p < 0,01$ ) и снижением ИВР на 61% (  $p < 0,01$ ) от исходных значений в данной группе.

**Таблица 2.**

**Состояние адаптивных возможностей организма у пациентов с инфарктом миокарда, постинфарктный кардиосклероз, 1 функциональный класс в период реабилитации в основной и контрольной группах.**

Показатели	До реабилитации		После реабилитации	
	Контрольная группа	Основная группа	Контрольная группа	Основная группа
Индекс Кердо, у.е.	-4,3±0,7	-4,3±0,4	-3,7±0,7	-5,7±0,5
Индекс Руфье, у.е.	6,76±0,39	6,50±0,39	5,6±0,2**	5,6±0,2**

*Примечание:* \*\*  $p < 0,01$  (достоверность определялась по сравнению с исходными значениями)

Нормализация показателя SDNN, не достигшая, однако, достоверных значений, вместе с увеличением Мо на 27% (  $p < 0,01$ ) и снижением АМо на 70% (  $p < 0,001$ ) подтверждали как уменьшение симпатических влияний, так и снижение централизации регуляторных влияний вегетативной нервной системы на сердце в целом. В пользу последнего положения также говорило выраженное уменьшение ИН на 69% (  $p < 0,001$ ) и нормализация показателей суммарной мощности всех компонентов спектра кардиоинтервалограммы (TP снизилась на 50% (  $p < 0,01$ )).

В то же само время, показатели ВИК изменились незначительно и недостоверно, оставаясь в пределах вегетативного равновесия. Индекс Руфье уменьшился до 5,6±0,2 у.е (  $p < 0,01$  ) в контрольной и основной группах (табл. 2).

Электрофизиологическое ремоделирование миокарда, происходящее при ИБС и инфаркте миокарда, представляет собой персистирующие изменения электрофизиологических характеристик сердца, которые возникают в связи с появлением зон ишемического повреждения и формированием морфологического субстрата с гетерогенной проводимостью в соседних зонах миокарда [6]. На клеточно – тканевом уровне это: гетерогенность сократительного миокарда вследствие чередования кардиомиоцитов с различной активностью оксидоредуктаз

их диссимирированные повреждения, гипертрофия, атрофия, апоптоз, интерстициальный отек и явления кардиосклероза, нарушающие консолидацию клеток миокарда. На уровне субклеточных структур таковыми являются нарушение  $Ca^{2+}$  связывающей способности и очаговая диссоциация гликокаликса, снижение и зональное насыщение плазмолеммы холестерином, увеличение плотности бета-адренорецепторов и соотношения активности сопряженных с ними аденилатциклазы и фосфодиэстеразы, снижение объемной плотности Т- системы и нарушение ее контактов с саркоплазматическим ретикуломом, модификация вставочных дисков с образованием нексусов, пролиферация митохондрий и их функциональное ассоциирование на значительной территории наиболее адаптированных кардиомиоцитов. Выраженность данных изменений положительно коррелирует с нарушениями проведения электрического импульса в миокарде, и длительностью процесса реполяризации желудочков у больных ИБС, по сравнению со здоровыми лицами [7]. Понижение активации симпатoadренальной системы, произошедшее под влиянием реабилитационной программы в основной группе, привело к нормализации электрофизиологических характеристик сердечной мышцы и показателей вариационной пульсометрии. В контрольной группе пациентов по окончании реабилитации сохранялся высокий уровень симпатических влияний и централизации кровообращения.

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что обычные вегетативные пробы часто не в состоянии выявить нарушения вегетативного баланса, являющиеся неблагоприятными прогностическими критериями для больных, перенесших ИМ. К последним можно отнести увеличение тонуса симпатической нервной системы и централизацию регуляторных влияний вегетативной нервной системы, что и наблюдалось у обследуемых пациентов. Использование показателей ВРС позволил нам не только контролировать состояние больных в процессе реабилитации в целом, но и обосновать назначение новых средств физической реабилитации, таких как лечебная гимнастика и дозированная ходьба.

### **ВЫВОДЫ**

1. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что обычные вегетативные пробы часто не в состоянии выявить нарушения вегетативного баланса, являющиеся неблагоприятными прогностическими критериями для больных, перенесших ИМ. Так, состояние показателей гемодинамики и адаптивных возможностей у пациентов с инфарктом миокарда, постинфарктный кардиосклероз 1-го функционального класса до проведения двух курсов реабилитации характеризовалось достоверным увеличением ИИ и АМо относительно нормы ( $p < 0.001$ ), при уменьшении вариабельности сердечного ритма (SDNN), ( $p < 0.001$ ), что свидетельствовало о снижении у больных, перенесших ИМ парасимпатических влияний на сердце, увеличении тонуса симпатической нервной системы и значительной перестройке автономной регуляции, с централизацией регуляторных влияний вегетативной нервной системы. В то же самое время, показатели вегетативного индекса Кердо находились в пределах вегетативного баланса, и не обнаруживали какого-либо преобладания симпатических влияний,

а индекс Руфьена находился на уровне удовлетворительной работоспособности. После проведения двух курсов реабилитации произошла активация парасимпатического звена регуляции сердечной деятельности, что подтверждалось увеличением в основной группе показателя RMSSD на 45% ( $p < 0,01$ ), снижением ИВР на 61% ( $p < 0,01$ ), увеличением Мо на 27% ( $p < 0,01$ ) и снижением АМо на 70% ( $p < 0,001$ ), уменьшением ИН на 69% ( $p < 0,001$ ) и снижением ТР на 50% ( $p < 0,01$ ) по сравнению с исходными значениями. В контрольной группе пациентов по окончании реабилитации сохранялся высокий уровень симпатических влияний и централизации кровообращения. В то же самое время, показатели ВИК изменились незначительно и недостоверно, оставаясь в пределах вегетативного равновесия. Индекс Руфье уменьшился до  $5,6 \pm 0,2$  у.е ( $p < 0,01$ ) в контрольной и основной группах.

2. Анализ вариабельности сердечного ритма у пациентов с инфарктом миокарда, постинфарктный кардиосклероз 1-го функционального класса позволил подтвердить эффективность назначения дозированной ходьбы и ЛГ на втором этапе реабилитации. Применение циклических нагрузок в основной группе обследуемых пациентов привело к более выраженным и достоверным изменениям показателей ВРС по сравнению с контрольной группой, наиболее значительно изменились АМо (на 55%), ИВР (на 46%) и ИН (на 52 %) от контрольных значений ( $p < 0,01$ ).

#### Список литературы

1. Бабушкина А.В. Инфаркт миокарда: от фундаментальных исследований — к практическим достижениям / А.В. Бабушкина // Украинский медицинский часопис, 5(73)- IX-X, 2009
2. Коваленко В.М. Профілактика та лікування інфаркту міокарда в Україні. / В.М. Коваленко // Укр. кардіол. журн., К.: Наука. – 2009. – №4.
3. Variability in healthy. middleagepersons compared with patients with chronic coronary heart disease or recent acute myocardial infarction / J.T.Jr. Bigger, J.L. Fleiss, R.C. Steinman // Circulation. – 1995. – Vol. 91. – P. 1936-1943.
4. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. М.: Наука – 2001. – №3. – С. 106–127.
5. Артамонова С.Ю. Применение компьютерной программы «Орто-эксперт» при оценке функционального состояния кардиологических больных // С.Ю. Артамонова, Н.В. Саввина // Материалы республиканской научн.-практ. конф. «Совершенствование качества медицинской помощи в рамках реализации приоритетного национального проекта «Здоровье». – Якутск: Здоровье, – 2007. – С. 7–11.
6. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Guidelines. // European Heart Journal – 1996. – Vol 17. – P. 354–381.
7. Попов В.В. Современные подходы к оценке электрической нестабильности миокарда у больных ишемической болезнью сердца / В.В. Попов, Н.А. Буланова, М.Ю. Князева, А.Э. Радзевич // Кардиология, М.: Медицина – 2006. – №2 – С. 11-15.

**Шрамко Ю.И. Використання аналізу варіабельності серцевого ритму для оцінки ефективності реабілітації кардіологічних хворих / Ю.И. Шрамко, В.М. Чорна, С.О. Котов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 191-198.**

У статті обговорюються результати досліджень по виявленню інформативності використання аналізу варіабельності серцевого ритму для оцінки ефективності комплексу реабілітаційних заходів для постінфарктних хворих в умовах поліклініки. В результаті проведених реабілітаційних заходів суттєві зміни відбулися за показниками кардіоінтервалограми, які у найбільшій ступеню виражені в основній групі пацієнтів. Аналіз варіабельності серцевого ритму дозволяє більш ретельно розшифрувати основні механізми впливу дієвих реабілітаційних заходів.

**Ключові слова:** варіабельність, серцевий ритм, інтервал R-R, індекс вегетативної рівноваги.

**Shramko J.I. Heart rate variability analysis in the estimation of rehabilitation efficiency in cardiological patients / J.I. Shramko, V.N. Chornaya, S.A. Kotov. // Scientific Notes OF Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 191-198.**

Results of informativity of the Heart rate variability analysis in the estimation of rehabilitation efficiency in cardiological patients in polyclinic are discussed. Cardiointervalograms indices had the most significantly changes in the main group of patients. Cardiac rhythm variability analysis allows to interpret the basic mechanisms of the different rehabilitation measures more carefully.

**Keywords:** heart rate variability, R-R interval, autonomic balances index.

*Поступила в редакцію 22.04.2012 г.*

УДК 577.344+581.162

## СКРИНИНГ ПАЛИНОТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА АКТЕЛЛИКА НА ГЕНЕРАТИВНЫЕ ОРГАНЫ *HELIANTHUS ANNUUS* L.

Эмирова Д.Э., Ибрагимова Э.Э.

РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина  
E-mail: emirovadilyara@mail.ru

Исследовалось влияние различных концентраций актеллика на генеративную систему *Helianthus annuus* L. Установлено, что актеллик в исследованном диапазоне концентраций (0,375 – 3,0 мл/л) оказывал палинотоксический эффект на микрогаметофит *Helianthus annuus* L., проявляющийся в достоверном увеличении продукции abortивных пыльцевых зерен..

**Ключевые слова:** пыльца, генеративные органы, актеллик, *Helianthus annuus* L., палинотоксичность, стерильность, фертильность.

### ВВЕДЕНИЕ

Агроценозы – искусственные экосистемы, создаваемые и контролируемые человеком. В отличие от естественных экосистем они не отличаются видовым разнообразием, в них, как правило, культивируется один вид растений, представляющий экономический интерес, а со всеми другими видами, стремящимися занять агроценоз, ведется борьба путем использования пестицидов. Очевидным становится факт явной угрозы этих препаратов не только для видов-мишеней, но и для возделываемых культур [1–3], а также агроценоза в целом [4]. В связи с этим проведение исследований по определению токсичности пестицидов является востребованным направлением прикладной экологии. В данном аспекте для скрининга токсического действия пестицидов весьма удобным является палинотоксический тест [5, 6], так как бутонизация и цветение являются фазами весьма чувствительными к токсическому действию ксенобиотиков [6, 7], вызывающих нарушения метаболических процессов в репродуктивных органах [8].

Для данной цели можно использовать подсолнечник как тест-культуру, так как он широко культивируется в Украине. В наших предыдущих исследованиях было установлено, что микрогаметофит *Helianthus annuus* L. характеризуется высоким показателем фертильности, что обуславливает его использование для скрининга палинотоксического действия пестицидов [9]. В связи с этим мы использовали микрогаметофитный анализ для изучения токсического действия пестицидов на сельскохозяйственные культуры.

Цель работы – скрининг палинотоксического эффекта различных концентраций пестицида актеллик на генеративные органы *Helianthus annuus* L.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В своих исследованиях мы использовали актеллик (с рекомендуемой нормой расхода 7 мл на 9 л воды), имеющий широкое применение в агропромышленном комплексе Крыма в качестве инсектицида и акарицида [10].

Объектом исследования служили проростки семян *Helianthus annuus* L., выращенные в открытом грунте до фазы цветения в условиях обработки различными концентрациями актеллика согласно разработанной нами методике [6]. Повторность эксперимента четырехкратная. Генеративные органы *Helianthus annuus* L., обрабатывали 0,375; 0,75 (рекомендуемая доза); 1,5 и 3,0 мл/л концентрациями тестируемого препарата. Фиксацию, хранение соцветий и определение фертильности пыльцевых зерен йодным методом осуществляли на временных давленных препаратах согласно методике З.П. Паушевой [11]. Полученные экспериментальные данные для сравнения приводили к интенсивным показателям [12]. Изучение морфологической структуры пыльцы проводили при помощи микроскопа “LEICA DME” (объектив x4, x10, x40, x100 коэффициент увеличения тубусной линзы x0.10, x0.22, x0.65, x1,25), видеокамеры “CANON S80” и ПК. Для скрининга палинотоксического влияния различных концентраций актеллика использовали тест на стерильность мужского гаметофита. Палинотоксический эффект различных концентраций препарата – ПЭ (%) по показателям фертильности пыльцы тест-растения рассчитывали по формуле [13], с последующим ранжированием полученных данных по классификации ЕС<sub>10-90</sub>. Статистическую обработку данных проводили при помощи программного обеспечения Microsoft Excel, для оценки достоверности различий полученных данных использовали t-критерий Стьюдента [14].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показали, что мужская генеративная сфера контрольных растений характеризуется высоким показателем фертильности, о чем свидетельствует отсутствие абортивных пыльцевых зерен. Обработка опытных вариантов указанными концентрациями актеллика стимулировала продукцию абортивных пыльцевых зерен в диапазоне 7,5–16,8% (табл. 1).

**Таблица 1.**

**Влияние различных концентраций препарата актеллик на показатели фертильности (Ф), стерильности (С) и палинотоксичности (ПЭ) генеративной системы *Helianthus annuus* L. по сравнению с контролем**

№	Вариант	Ф, %	С, %	ПЭ, %	ЕС <sub>10-90</sub>
1.	К	99,9±0,12	0,10±0,10	–	–
2.	0,375 мл/л	92,5±0,45***	7,5±0,45***	7,41	>ЕС <sub>10</sub>
3.	0,75 мл/л	93,6±0,79**	6,4±0,79**	6,31	>ЕС <sub>10</sub>
4.	1,5 мл/л	86,8±1,32***	13,2±1,32***	13,11	ЕС <sub>10-50</sub>
5.	3,0 мл/л	83,2±0,80***	16,8±0,8***	16,75	ЕС <sub>10-50</sub>

Примечание. Отличия от контроля достоверны при \*\* – p < 0,01; \*\*\* – p < 0,001 (t<sub>ст</sub> = 2,8 – 4,6 – 8,6).



В частности, фертильность микрогаметофита опытного варианта при обработке препаратом в концентрации 0,375 мл/л привела к ингибированию продукции фертильной пыльцы в 1,1 раза ( $p < 0,001$ ) по сравнению с контролем. Полученные данные имеют достоверные отличия, что позволяет прийти к выводу о гаметоцидном влиянии указанной концентрации. Обработка опытных растений концентрацией 0,75 мл/л (рекомендуемая доза) исследуемого препарата оказывала аналогичное влияние на микрогаметофит *H. annuus*, о чем свидетельствует достоверное снижение уровня фертильности пыльцы (в 1,07 раза).

Дальнейшее увеличение концентрации актеллика приводило к ингибированию продукции фертильных пыльцевых зерен *H. annuus*. При увеличении концентрации препарата до 1,5 мл/л было отмечено снижение фертильности пыльцы в 1,15 раза ( $p < 0,001$ ) по сравнению с контрольным вариантом, при 3,0 мл/л – в 1,2 раза ( $p < 0,001$ ) соответственно (рис. 1).

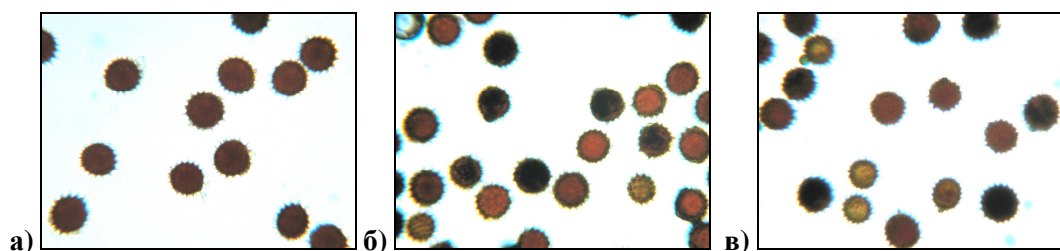


Рис. 1. Пыльцевые зерна *Helianthus annuus* L. (увел. 10x0.22): а) контрольный вариант; б) обработка 1,5 мл/л актеллика; в) обработка 3,0 мл/л (фертильная пыльца – окрашенная, стерильная – бесцветная).

Таким образом, микрогаметофит *H. annuus* характеризуется высоким уровнем фертильности, который достоверно снижался в исследованном диапазоне концентраций актеллика (0,375–3,0 мл/л).

Параллельно с определением фертильности был рассчитан показатель палинотоксического эффекта (ПЭ) исследованных концентраций актеллика, позволивший установить, что тестируемый препарат оказывал палинотоксическое влияние на мужской гаметофит *H. annuus*. Данный вывод подтвердило проведенное ранжирование полученных показателей ПЭ по классификации ЕС<sub>10-90</sub>, установившее, что низкие концентрации (0,375 мл/л), в том числе и рекомендуемая к применению доза (0,75 мл/л), оказывали инициальное (слаботоксичное) действие на микрогаметофит *H. annuus*. Высокие концентрации – 1,5 и 3,0 мл/л оказывали эффективное (среднетоксичное) действие на мужскую генеративную сферу *H. annuus*. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что актеллик в исследованном диапазоне концентраций обладает достаточно выраженным палинотоксическим эффектом на генеративную сферу *H. annuus*. В связи с этим при использовании данного препарата следует строго придерживаться указанной нормы расхода, обладающей слаботоксичным действием, так как увеличение концентрации актеллика приводит к более выраженному токсическому

действию. Данная закономерность была установлена также и на представителях мезофауны агроценоза [15]. В частности, актеллик оказывал токсичное влияние на дождевых червей. При концентрации препарата 0,375 мл/л смертность тест-объекта составила 5%, при концентрации 0,75 мл/л (рекомендуемая доза) отмечалось значительное угнетение двигательной активности животных, смертность которых достигла 20%. Высокие концентрации препарата (1,5 и 3,0 мл/л) приводили к смертности 87,5% и 97,5% животных, то есть явились летальными для дождевых червей.

### ВЫВОДЫ

1. Актеллик в исследованном диапазоне концентраций (0,375 – 3,0 мл/л) оказывал палинотоксический эффект на микрогаметофит *Helianthus annuus* L., проявляющийся в достоверном увеличении продукции abortивных пыльцевых зерен.
2. Концентрации актеллика (0,375 и 0,75 мл/л) оказывали слаботоксичное действие на мужской наметофит *Helianthus annuus* L.
3. Высокие концентрации актеллика (1,5 и 3,0 мл/л) обладали среднетоксичным действием на генеративную сферу *Helianthus annuus* L.

### Список литературы

1. Butani J.V. Cytological effects of pesticides on onion (*Allium cepa* L.) root tip / J.V. Butani, P.T. Shukla // Gujarat. Agr. Univ. Res. J. – 1994. – Vol. 20, № 1. – P. 60–65.
2. Arif M. Toxicity of fungicides Nimrod and Dithane M-45 on mitotic cells of *Allium cepa* L. / M. Arif, A.A. Vahidy // Phillip. J. Sci. – 1996. – Vol. 125, № 4. – P. 271–289.
3. Танский В.И. Влияние инсектицидов на некоторые физиолого-морфологические показатели и продуктивность зерновых культур / В.И. Танский, Л.Н. Логинова, Н.К. Солдатова // Агрохимия. – 1998. – № 5. – С. 79–85.
4. Харина С.Г. Воздействие интенсивного применения средств химизации на агроэкосистемы Верхнего Приамурья / С.Г. Харина // Агро XXI. – 2000. – № 7. – С. 17.
5. Куринный А.И. Индикация загрязнения окружающей среды пестицидами-мутагенами по их гаметоцидному действию на растения / А.И. Куринный // Цитология и генетика. – 1988. – Т. 17. – № 4. – С. 32–35.
6. Эмирова Д.Э. Палинотоксичное действие различных концентраций БИ-58 на генеративные органы *Allium cepa* L. / Д.Э. Эмирова, Э.Э. Ибрагимова // Ученые записки Таврического нац-го ун-та им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»– 2010. – Т. 23 (62). – № 2. – С. 186–192.
7. Жумашев Ж.А. Морфо-физиологические особенности кормовых бобовых видов растений, произрастающих на загрязненной пестицидами почве / Ж.А. Жумашев // III-ий Международный конгресс студентов и молодых ученых “Мир Науки”, посвященный 75-летию КазНУ им. Аль-Фараби (28-30 апреля 2009 г., г. Алматы): Материалы III-го Международного конгресса студентов и молодых ученых “Мир Науки”. – Алматы: Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, 2009. – С. 103–104.
8. Россихіна Г. Вплив гербіцидної обробки на ліпопероксидацію і системи її регулювання в зерні кукурудзи / Г. Россихіна, О. Вінниченко // Вісник львів. ун-ту. Серія біологічна. – 2004. – Вип. 37. – С. 227–231.
9. Эмирова Д.Э. Изучение гаметоцидного действия пестицида ДНОК на *Helianthus annuus* L. Человек–Природа–Общество: теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. / Д.Э. Эмирова // Выпуск 5. – 2012. – С. 94–96.

10. Мартыненко В.И. Пестициды: Справочник. / В.И., Мартыненко, В.К. Промоненко [и др.] – М.: Агропроиздат, 1992. – 307 с.
11. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений / Паушева З.П. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
12. Мерков А.М. Санитарная статистика / А.М. Мерков, Л.Е. Поляков – М.: Медицина, 1974. – 384 с.
13. Пат. 32513 України на корисну модель, МПК (2006) G01N 33/00 G01N 1/00 Спосіб визначення палінотоксичності техногенних хімічних забруднювачів навколишнього середовища / Д.В. Балічєєва, Е.Е. Ібрагімова, Д.Е. Емірова – № u200711625; заявл. 22.10.2007; опубл. 26.05.2008, бюл. № 10.
14. Плохинский Н.А. Биометрия / Плохинский Н.А. – М.: МГУ, 1970. – 367 с.
15. Emirova D.E. An acute toxicity actellic using earthworms as biotest / D.E. Emirova, E.E. Ibragimova // IX International Crimean Conference “COSMOS AND BIOSPHERE”, Alushta, Crimea, Ukraine October 10-15, 2011. – P. 292–294.

**Емірова Д.Е. Скринінг палінотоксичного ефекту актелліка на генеративні органи *Helianthus annuus* L. / Д.Е. Емірова, Е.Е. Ібрагімова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 199-203.**

Досліджувався вплив різних концентрацій актелліка на генеративну систему *Helianthus annuus* L. Встановлено, що актеллік в дослідженому діапазоні концентрацій (0,375 – 3,0 мл/л) надавав палінотоксичний ефект на мікрогаметофіт *Helianthus annuus* L., що виявляється в достовірному збільшенні продукції абортивних пилкових зерен.

**Ключові слова:** пилок, генеративні органи, актеллік, *Helianthus annuus* L., палінотоксичність, стерильність, фертильність.

**Emirova D.E. Screening palynotoxic effect of actellik on generative organs of *Helianthus annuus* L. / D.E. Emirova, E.E. Ibragimova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 199-203.**

Influence of different concentrations of actellik on the generative system *Helianthus annuus* L. has been investigated. It has been determined that actellik in the investigated range of concentrations (0,375 – 3,0 ml/l) had palynotoxic effect on the microgametophyte of *Helianthus annuus* L. revealing itself in the valid increase of products of abortive pollen.

**Keywords:** pollen, generative organs, actellik, *Helianthus annuus* L., palynotoxic, sterility, fertility.

Поступила в редакцію 22.05.2012 г.

**УДК 582.675.1.086.83**

## **ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА РОСТОВУЮ АКТИВНОСТЬ И ЕГО НАКОПЛЕНИЕ В КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУРАХ *HEDERA HELIX L.***

***Юркова И.Н.***

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

Исследованы ростовая активность и накопление селена в первичных каллусных культурах плюща обыкновенного *Hedera helix L.* Показано, что при концентрации селена в питательной среде 5,0 мг/л наблюдалась стимуляция роста каллуса в 4 раза, при этом максимальное накопление селена по сравнению с контролем увеличилось в 80 раз.

**Ключевые слова:** каллусные культуры, плющ обыкновенный, селен, ростовой индекс, накопление селена.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время интерес к микроэлементу селену, необходимому для жизнедеятельности организма, все более возрастает. Это связано с широким спектром его действия на организм. Он выполняет каталитическую, структурную и регуляторную функции, взаимодействует с витаминами, ферментами и биологическими мембранами, участвует в окислительно-восстановительных процессах, обмене жиров, белков и углеводов [1, 2]. Основными путями поступления селена в организм являются продукты животного и растительного происхождения. Самая высокая биодоступность селена в составе различных растительных источников. Однако во многих регионах, в том числе в Украине, в почвах сельскохозяйственного назначения фиксируется дефицит селена, поэтому содержание его даже в растениях, относящихся к природным концентраторам селена, незначительно [3].

По сравнению с интактными растениями культуры тканей и клеток имеют ряд преимуществ: возможность получения экологически чистой биомассы, решение проблемы дефицита растительного сырья, синтез новых веществ, не содержащихся в целом растении, управление процессом биосинтеза [4]. Одним из наиболее древних лекарственных растений является плющ, содержащий биологически активные вещества с ценными фармакологическими свойствами, обусловленными тритерпеновыми гликозидами. Из различных органов плюща выделено более 50 гликозидов, обладающих противовоспалительным, антисептическим, ранозаживляющим действием. Плющ таврический (разновидность плюща обыкновенного) содержит гликозиды таурозиды, рассматриваемые как перспективные адъюванты для усиления иммуногенности вакцин, в частности

против СПИДа [5]. В связи с этим, большой теоретический и практический интерес представляет возможность получения клеточных культур плюща, содержащих биологически доступные формы селена.

Целью настоящей работы было исследование влияния различных концентраций селена на ростовые характеристики и его накопление в первичных каллусных культурах плюща обыкновенного.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования служили первичные каллусные культуры плюща обыкновенного *Hedera helix L.*, индуцированные из незрелых семян. При выполнении работы использовали методы, общепринятые в исследованиях по культуре изолированных тканей растений [6]. Для получения асептических культур плоды обрабатывали в течение 15 минут 50%-ным раствором препарата «Брадофен», а затем трижды промывали автоклавированной дистиллированной водой. В стерильных условиях ламинарного бокса экспланты помещали на поверхность агаризованной питательной среды Мурасиге-Скуга, дополненной 2,4-Д и БАП (6-бензиламинопурином) [7, 8] и селеном. Наименее токсичной формой селена являются селениты щелочных металлов (IV) [9]. Поэтому источником селена в питательных средах служил селенит натрия ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) «ч.д.а.» в концентрациях 0,2-5,0 мг Se/л.

В качестве культуральных сосудов использовали пробирки 2 x 20 см, содержащие 10 мл питательной среды. На каждый вариант питательной среды было высажено по 20 эксплантов в трёхкратной повторности. Каллус культивировали в условиях термостатируемого помещения (25 °С) при относительной влажности воздуха 65-70 %, освещенности 2-3 тыс. люкс и 16-часовом фотопериоде [10].

Ростовой индекс определяли морфометрическим методом по отношению среднего объема полученного каллуса к объему транспланта в течение 45 суток культивирования.

Содержание селена в каллусной биомассе, высушенной до абсолютно сухого веса (а.с.в.), определяли в конце эксперимента (45-е сутки культивирования) на атомно-абсорбционном спектрометре фирмы Perkin-Ermler.

Полученные данные обработаны статистически с использованием стандартного пакета статистики в Microsoft Office.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование влияния различных концентраций селена на ростовой индекс первичной каллусной культуры плюща обыкновенного показало, что при внесении в питательную среду 0,2 – 3,0 мг/л (по селену) наблюдается стимуляция ростовой активности каллусной культуры пропорционально концентрации селена (рис. 1, кривые 1 – 4; рис. 2). Если в контроле и при минимальной концентрации селена в питательной среде 0,2 мг/л (рис. 1, кривые 1-2) после 30-суточного культивирования каллусные культуры переходят в стационарную фазу роста, то при концентрации селена 1,0 и 3,0 мг/л (кривые 3, 4) ростовая активность не уменьшается и к 45 суткам. При этом каллусогенез начинался значительно раньше.

Максимальный ростовой индекс отмечался при концентрации селена 1,0 и 3,0 мг/л и составлял 11,5 и 12,8 соответственно. При дальнейшем увеличении концентрации селена ростовой индекс снижался, однако по сравнению с контролем (среда без селена) угнетение калусогенеза не наблюдалось даже при концентрации селена 5,0 мг/л, хотя эффект стимуляции ростовой активности был значительно ниже и составлял 34 % (рис. 1, кривая 5).

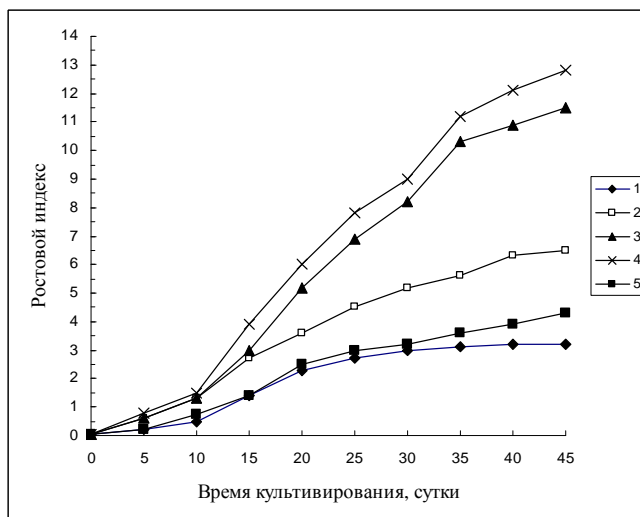


Рис. 1. Динамика роста калусных культур плюща обыкновенного в зависимости от концентрации селена в питательной среде: 1– контроль (без Se); 2 – 0,2 мг Se/л; 3 – 1,0 мг Se/л; 4 – 3,0 мг Se/л; 5 – 5,0 мг Se/л.

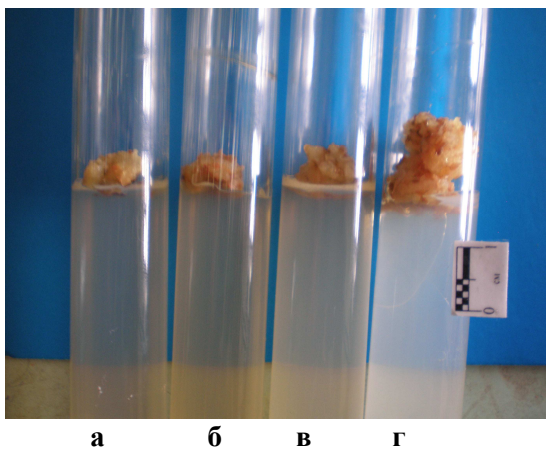


Рис. 2. Калусные культуры плюща обыкновенного (45-е сутки культивирования): а– контроль (без Se); б – 0,2 мг Se/л; в – 1,0 мг Se/л; г – 3,0 мг Se/л.

Как видно из результатов, приведенных на рис. 3, при увеличении концентрации селена в питательной среде до 3,0 мг/л концентрирование селена каллусной биомассой увеличивается в 80 раз с последующим его снижением при концентрации селена 5,0 мг/л. Эти данные хорошо согласуются с результатами влияния селена на ростовой индекс (рис. 1). Такую прямую зависимость ростового индекса и накопления селена от его концентрации в питательной среде можно объяснить относительно невысоким его содержанием в каллусах – 3,4-7,9 мг Se/кг сух. биомассы.

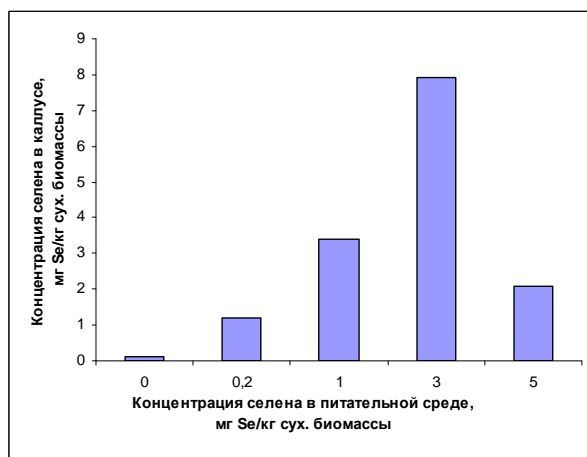


Рис. 3. Концентрирование селена каллусными культурами плюща обыкновенного в зависимости от концентрации селена в питательной среде.

### ВЫВОДЫ

1. Исследованы ростовые характеристики и закономерности накопления селена в каллусных культурах плюща обыкновенного.
2. Показано, что при концентрации селена в питательной среде 0,2-5,0 мг/л ростовой индекс первичных каллусных культур максимально увеличивался в 4 раза, а накопление селена – в 80 раз.

### Список литературы

1. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш и [др]. – М., 1991. – 258 с.
2. Ермаков В.В. Биологическое значение селена / В.В. Ермаков, В.А. Ковальский. – М., 1974. – 189 с.
3. Давидова О.Є. Фізіолого-біохімічні та стреспротекторні функції селену в рослинах / О.Є Давидова, В.А. Вещицький, П.П. Яворівський // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т.41, № 2. – С. 109-122.
4. Бутенко Р.Г. Клеточные технологии для получения экономически важных веществ растительного происхождения / Р.Г. Бутенко // Культура клеток растений и биотехнология. М.: Наука, 1986. С. 3–20.
5. Гришковец В.И. Тритерпеновые гликозиды аралиевых: выделение, установление строения, биологическая активность и хемотаксономическое значение: автореф. дис... д-ра. х. н.: 02.00.10 / В.И. Гришковец– Физико-химический ин-т им. О. В. Богатского НАНУ. – Одесса, 2004 – 36 с.

6. Калинин Ф.Л. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Калинин Ф.Л., Сарнацкая В.В., Полищук В.Е. – Киев: Наук. думка, 1980. – 488 с.
7. Пат. 5919 України МПК6 С 12 N 5/04. Спосіб культивування калусної тканини плюща (*Hedera helix* L.) / Бугара О.М., Юркова І.М. Фазілов А.Р.- заявитель и патентообладатель Таврический нац. ун-т. - №200608189: заявл. 21.07.06; опубл. 15.02.07. Бюл. № 2.
8. Получение каллюсных культур плюща обыкновенного (*Hedera helix* L.) и анализ в них тритерпеновых гликозидов / И.Н. Юркова, Д.А. Панов, И.А. Бугара [и др.] / Под ред. В.В. Моргуна // В кн.: Физиология растений: проблемы та перспективи розвитку. – К. : Логос, 2009. – Т. 2. – С. 630–636.
9. Серегина И.И. Биологическая роль селена в растениях / И.И. Серегина, Н.Т. Ниловская // Агрехимия. – 2002. – № 10. – С. 76-85.
10. Высоцкий В.А. Клональное микроразмножение растений / В.А. Высоцкий // Культура клеток растений и биотехнология. – М.: Наука, 1986. – С. 34-36.

**Юркова І.М. Вплив селену на ростові характеристики і його накопичення в калусних культурах *Hedera helix* L. / І.М. Юркова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 204-208.**

Досліджено ростова активність і накопичення селену в первинних калусних культурах плюща звичайного *Hedera helix* L. Показано, що при концентрації селену в живильному середовищі 5,0 мг/л спостерігалася стимуляція зростання калуса в 4 рази, при цьому максимальне накопичення селену в порівнянні з контролем збільшилося в 80 разів.

**Ключові слова:** калусні культури, плющ звичайний, селен, ростовий індекс, накопичення селену.

**Yurkova I. Effect of selenium on the growth activity and its accumulation in callus cultures *Hedera helix* L. / I. Yurkova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No 2. – P. 204-208.**

Investigated growth activity and accumulation of selenium in callus cultures of ivy *Hedera helix* L. It is shown that the concentration of selenium in the medium 5,0 mg / l observed stimulation of growth of primary callus cultures of 4.0-fold, with a maximum accumulation of selenium compared to the control increased by 80 times.

**Keywords:** callus culture, ivy, selenium, growth index, concentration.

Поступила в редакцію 22.05.2012 г.



УДК 612.43/45+612.018:612.351.5

## УЧАСТЬ $\alpha$ -АДРЕНОРЕЦЕПТОРІВ У КОНСТРИКТОРНИХ РЕАКЦІЯХ ВЕНОЗНИХ СУДИН ПЕЧІНКИ НА СЕРОТОНІН І ЕНДОТЕЛІН-1

*Янчук П.І., Комаренко В.І., Слободяник Л.О.*

*ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка,  
Київ, Україна*

*E-mail: yanchuk49@ukr.net*

В гострих дослідах у наркотизованих щурів серотонін (8 мкг/кг) і ендотелін-1 (0,8 мкг/кг) звужують ворітні та печінкові вени. Частково ці впливи реалізуються, ймовірно, завдяки вивільненню ендотеліальними клітинами судин посередника, можливо, норадреналіну, який, діючи на їхні гладеньком'язові клітини через  $\alpha$ -адренорецептори, зумовлює вазоконстрикцію.

**Ключові слова:** серотонін, ендотелін-1,  $\alpha$ -адренорецептори, печінкові вени.

### ВСТУП

Кровоносні судини печінки на відміну від переважної більшості інших судин організму мають певні особливості реагування на дію гуморальних факторів. Так, ворітні судини органа відповідають звуженням на дію таких типових вазодилаторів, як ацетилхолін (АХ) та гістамін [1, 2]. До механізмів гуморальної регуляції тонуусу венозних судин печінки залучений судинний ендотелій. Досліджуючи вазомоторні ефекти АХ на судини печінки Reilly і співавт. [3] показали, що у ворітному руслі АХ спричиняє констрикцію судин шляхом залучення до реакцій  $\alpha$ -адренорецепторів. Аналогічні факти були підтверджені й нашими експериментами [4,5]. Ми припустили, що внаслідок дії АХ ендотелієм ворітних судин синтезується і виділяється фактор, ймовірно, норадреналін, який і активує  $\alpha$ -адренорецептори гладеньком'язових клітин цих судин. Не можна виключити, що звужувальні реакції венозних судин печінки на дію інших ендотелій-залежних чинників, таких як серотонін і ендотелін, які не належать до адреноміметиків, також відбуваються із залученням  $\alpha$ -адренорецепторів. Зазвичай дія серотоніну на ворітне русло здійснюється через специфічні 5-НТ<sub>2А</sub> і 5-НТ<sub>1В</sub> рецептори, які локалізуються на гладеньком'язових клітинах [6]. Проте існують дані і про ендотелій-залежний вплив серотоніну на судини басейну ворітної вени [6,7]. Інший вазоконстриктор – ендотелін-1 (ЕТ-1), який є типовим ендотеліальним фактором звуження, свій судиноруховий ефект реалізує взаємодіючи із специфічними ендотеліновими рецепторами А- типу [8].

Мета роботи полягала у з'ясуванні можливої участі  $\alpha$ -адренорецепторів у звужувальних реакціях венозних судин печінки на серотонін і ендотелін-1.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідження проведені на 27 білих лабораторних щурах масою 200–280 г, обох статей, наркотизованих уретаном (1 г/кг), *in vivo* в умовах гострого експерименту. У дослідах реєстрували системний артеріальний (САТ) та тиск у ворітній вені (Твв) за допомогою електроманометра ЕМТ-31 (Швеція). Кровонаповнення печінки (КНП) реєстрували методом імпульсної плетизмографії у модифікації В.О. Цибенка та П.І. Янчука [9] на реографі РГ4-01. Показники записували на шлейфному реєстраторі Н.071.6М. Досліджувані реовини серотонін (8 мкг/кг), ендотелін-1 (0,8 мкг/кг) і фентоламін (2 мг/кг) вводили внутрішньопортально.

Результати, отримані у дослідженнях, представляли у вигляді середніх значень (М) та стандартних помилок середнього ( $\pm \delta$ ). Статистичну обробку результатів проводили за допомогою аналітичного пакета STATISTICA 8.0 використовуючи t-критерій Ст'юдента для результатів, що мали нормальний розподіл, та критерій Вілкоксона для отриманих даних, які не мали нормального розподілу. Вірогідними вважали результати із рівнем значущості  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Внутрішньопортальне введення серотоніну (8 мкг/кг) не викликало вірогідних змін САТ, однак зумовлювало зміни печінкового кровообігу. Зокрема, тиск у ворітній вені зростав з  $6,6 \pm 2,1$  мм рт. ст. до  $8,0 \pm 2,4$  мм рт. ст. ( $p < 0,001$ ) (рис.1). КНП у 2/3 випадків зменшувалось з  $23,2 \pm 2,4$  мл/100 г до  $18,3 \pm 3,6$  мл/100 г ( $p < 0,001$ ), а у 1/3 зростало з  $23,2 \pm 2,4$  мл/100 г до  $32,1 \pm 2,8$  мл/100 г ( $p < 0,001$ ).

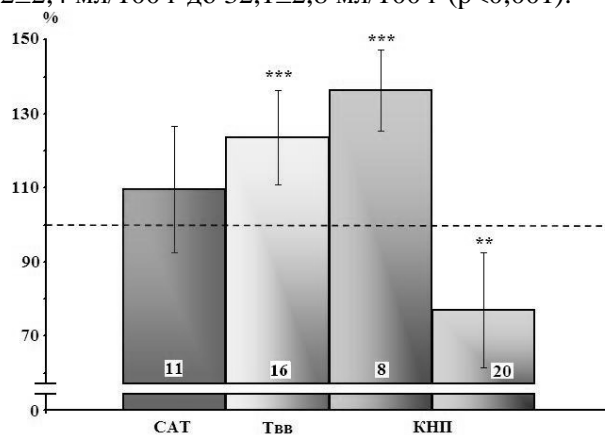


Рис.1. Зміни (у % до вихідного рівня) системного артеріального тиску (САТ), тиску у ворітній вені (Твв) і кровонаповнення печінки (КНП) при внутрішньопортальному введенні серотоніну (8 мкг/кг).

Примітка: \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

Описані зміни печінкової гемодинаміки свідчать про те, що серотонін у застосованій нами дозі звужує ворітні та печінкові вени, внаслідок чого тиск крові в них зростає та переважно зменшується кровонаповнення печінки. У випадках

збільшення КНП серотонін, можливо, чинить більш потужний судинозвужувальний вплив на сфінктеру ділянку печінкової вени, розташовану на виході з печінки.

Перевіряючи наше припущення, щодо можливого залучення до реакцій печінкової гамодинаміки на серотонін  $\alpha$ -адренорецепторів, наступні введення аутокоїду здійснювали на фоні блокади цих рецепторів неселективним адренолітиком фентоламіном (2 мг/кг). Виявилось, що під час блокади адренорецепторів ефекти серотоніну у судинному руслі печінки значно послаблювались (рис. 2).

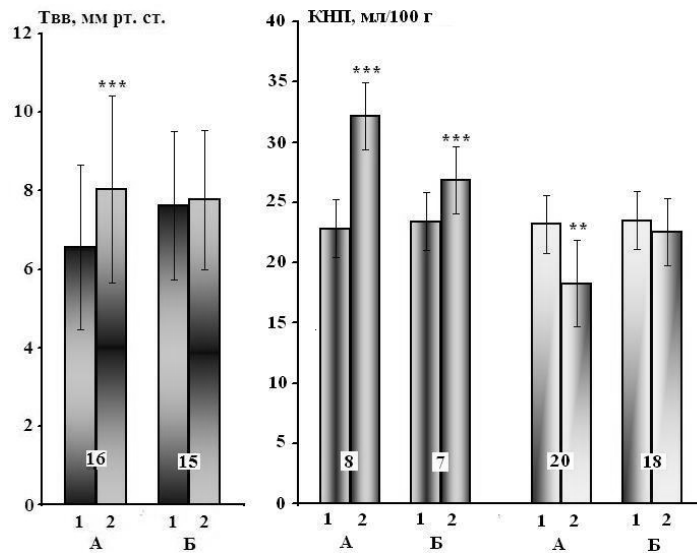


Рис. 2. Зміни тиску у ворітній вені (Твв) і кровонаповнення печінки (КНП) при внутрішньопортальному введенні серотоніну (8 мкг/кг) до (А) та на фоні дії (Б) фентоламіну (2 мг/кг).

Зокрема, усувались реакції Твв та зменшення КНП, але залишались суттєвими реакції зростання кровонаповнення печінки на дію аутокоїда. Такі результати реакцій КНП можна пояснити тим, що, на нашу думку, у випадку зі зростанням і зниженням КНП серотонін діяв на різні ділянки судинного русла печінки. Тому, ймовірно, що щільність  $\alpha$ -адренорецепторів у пресинусоїдних і постсинусоїдних ділянках внутрішньопечінкової частини судинного русла є різною. А саме, більша щільність у пресинусоїдних і менша – у постсинусоїдних ділянках ворітних судин. Разом з тим, нами було показано, що у зміни КНП на дію гуморальних чинників найбільший внесок роблять печінкові вени, які є типовими представниками емнісних судин організму [10].

У випадку із внутрішньопортальним введенням вазоконстриктора ендотеліну-1 (ЕТ-1) (0,8 мкг/кг) виявилось, що амплітуда реакцій підвищення Твв під час блокади  $\alpha$ -адренорецепторів знижується майже вдвічі порівняно із контролем. Якщо до внутрішньопортального введення фентоламіну Твв у відповідь на дію ЕТ-1 зростав

на 22,3 % ( $p < 0,001$ ), то після введення блокатора  $\alpha$ -адренорецепторів у порталне русло ворітний тиск підвищувався лише на 11,6 % ( $p < 0,05$ ) (Табл.1). Істотно пригнічувались адренолітиком і реакції зменшення кровонаповнення печінки на ЕТ-1 (до блокади КНП зменшувалось на 35,2 % ( $p < 0,001$ ), а після – на 21,9 % ( $p < 0,01$ ).

**Таблиця 1**  
**Реакції системного артеріального тиску (САТ), тиску у ворітній вені (Твв) та кровонаповнення печінки (КНП) на внутрішньопортальне введення ендотеліну-1 (0,8 мкг/кг) до і на фоні блокади  $\alpha$ -адренорецепторів фентоламіном (2 мг/кг)**

Показники	Контроль			Під час дії фентоламіну		
	Вихідний рівень	Максимум реакції	% реакції від вихідного рівня	Вихідний рівень	Максимум реакції	% реакції від вихідного рівня
САТ, мм рт. ст.	95,5±4,3	105,7 ± 4,7 ( $p < 0,05$ )	110,6 ± 2,1	74,1±8,0	87,9±9,1 ( $p > 0,05$ )	119,7±3,2
	n=7			n=7		
Твв, мм рт. ст.	6,4 ± 0,2	7,2 ± 0,2 ( $p < 0,001$ )	122,3±2,9	6,6±0,5	7,4±0,5 ( $p < 0,05$ )	111,6±4,5
	n=7			n=8		
КНП, мл/100г	21,3 ± 1,7	13,8 ± 1,2 ( $p < 0,001$ )	64,8 ± 6,4	21,7±1,8	16,9±1,5 ( $p < 0,01$ )	78,1±7,3
	n=8			n=8		

Про ступінь блокади  $\alpha$ -адренорецепторів артеріальних і ворітних судин фентоламіном можна судити за змінами їхніх реакцій на норадреналін. Як свідчать результати наших експериментів, норадреналін втратив свою здатність впливати на судини печінки на фоні дії фентоламіну. А саме, якщо до дії блокатора  $\alpha$ -адренорецепторів Твв у відповідь на внутрішньопортальне введення норадреналіну (5 мкг/кг) зростав з 8,9±1,3 мм.рт.ст. до 11,0±2,1 мм.рт.ст. ( $p < 0,01$ ), а кровонаповнення печінки зменшувалось з 23,2±2,4 мл/100г до 19,9±0,45мл/100 г ( $p < 0,01$ ), то після введення фентоламіну ТВВ і КНП вірогідно не змінились (Рис. 3). Тобто, фентоламін при проведенні цієї серії експериментів блокував  $\alpha$ -адренорецептори ворітних судин печінки щурів.

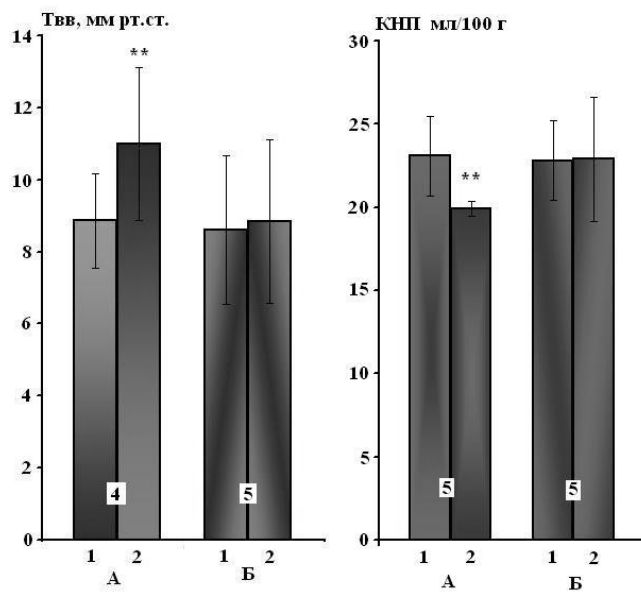


Рис. 3. Вплив блокади  $\alpha$ -адренорецепторів судин печінки фентоламіном (2 мг/кг) на реакції тиску у ворітній вені (Твв) і кровонаповнення печінки (КНП), зумовлені внутрішньопортальним введенням норадреналіну (5 мкг/кг).

Отже, пригнічення звужувальної відповіді венозних судин печінки на серотонін і ET-1 на фоні дії фентоламіну свідчить про те, що реалізація вазоконстрикторних ефектів досліджуваних речовин, принаймні частково, здійснюється із залученням посередників, що активують  $\alpha$ -адренорецептори судин. Як ми висловлювали своє припущення раніше [4,10], одним із таких месенджерів може бути норадреналін, який синтезується ендотелієм судин під впливом вазоактивних факторів. Така реакція є фізіологічно доцільною в організмі, адже при цьому посилюється вазомоторний вплив гуморальних чинників. Ці результати дають змогу припустити, що й інші вазоконстриктори, які не є адреноміметиками, можуть здійснювати судинозвужувальний вплив в цьому судинному руслі за участі  $\alpha$ -адренорецепторів.

### ВИСНОВОК

Серотонін звужує внутрішньопечінкові ворітні вени (пресинусоїдні судини) та печінкові вени (постсинусоїдні судини), внаслідок чого тиск крові в них зростає та переважно зменшується кровонаповнення печінки. У випадках збільшення КНП серотонін, можливо, чинить більш потужний судинозвужувальний вплив на сфінктерну ділянку печінкової вени, розташовану на виході з органа. Ендотелін-1 також звужує ворітні та печінкові вени. Частково констрикторний вплив серотоніну і ендотеліну-1 на венозні судини печінки реалізується, ймовірно, завдяки вивільненню ендотеліальними клітинами цих судин посередника, можливо,

норадреналіну, який, діючи на їхні гладеньком'язові клітини через  $\alpha$ -адренорецептори, зумовлює їх звуження.

#### Список літератури

1. Ricerche sperimentali sulla farmacodinamica del circolo portale nel cane / S. Condorelli, M. Bartolo, Ginliano G. [et al.] // *Minerva Cardioangiol.* – 1961. – Vol. 9, № 7. – P. 415–418.
2. Подгорная Л.А. Влияние гистамина на локальный кровоток в печени / Л.А. Подгорная, А.П. Чеишвили // *Проблемы физиологии гипоталамуса.* – 1991. – Вып. 25. – С. 56–59.
3. Hepatic Microvascular Regulatory Mechanisms. II. Cholinergic Mechanisms / F.D. Reilly, R.V.W. Dimlich, E.V. Cilento [et al.] // *Hepatology.* – 1982. – Vol. 2, № 2. – P. 230–235.
4. З'ясування механізмів звужувальної дії ацетилхоліну на ворітну вену та її внутрішньопечінкові гілки / П.І. Янчук, О.М. Пасичніченко, В.І. Комаренко [та ін.] // *Фізіологічний журнал.* – 2006. – Т. 52, № 5. – С. 28–33.
5. Исследование вазоконстрикторного эффекта ацетилхолина в венозных сосудах печени / В.А. Цыбенко, П.И. Янчук, О.М. Пасичниченко [и др.] // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* – 2007. – Т. 143, №3. – С. 258–261.
6. Datte J.Y. Involvement of nitric oxide in fading of 5-hydroxytryptamine-induced vasoconstriction in rat isolated vena portae smooth muscle / J.Y. Datte, M.A. Offoumou // *J Pharm Pharmaceut Sci.* – 2004. – Vol. 7, № 1. – P. 1–7.
7. Samner M.J. Characterization of the 5-HT receptor mediating endothelium-dependent relaxation in porcine vena cava. / M.J. Samner // *Br. J. Pharmacol.* – 1991 – Vol. 102. – P. 938–942.
8. Сагач В.Ф. Ендотелін та порушення кровообігу / В.Ф. Сагач // *Фізіол. журн.* – 1996. – Т. 42, № 3 – 4. – С. 68.
9. Цибенко В. Применение импедансной плетизмографии для изучения депонирующей функции печени в остром опыте / В. Цибенко, П. Янчук // *Физиологический журнал.* – 1984. – Т.30, № 6. – С. 756–758.
10. Mechanisms of Contractile Action of Acetylcholine on Hepatic Vein / P.I. Yanchuk, T.P. Prikhodko, O.M. Pasichnichenko [et al.] // *International Journal of Physiology and Pathophysiology.* – 2011. – V.2, № 4. – P. 379–387.

**Янчук П.И. Участие  $\alpha$ -адренорецепторов в констрикторных реакциях венозных сосудов печени на серотонин и эндотелин-1 / П.И. Янчук, В.И. Комаренко, Л.О. Слободяник // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С.209–214.**

В острых опытах у наркотизированных крыс серотонин (8 мкг/кг) и эндотелин-1 (0,8 мкг/кг) суживают воротные и печеночные вены. Частично эти влияния реализуются, вероятно, благодаря высвобождению эндотелиальными клетками сосудов посредника, возможно, норадреналина, который, действуя на их гладкомышечные клетки через  $\alpha$ -адренорецепторы, вызывает вазоконстрикцию.

**Ключевые слова:** серотонин, эндотелин-1,  $\alpha$ -адренорецепторы, печеночные вены.

**Yanchuk P.I. Involvement of  $\alpha$ -adrenoceptors in the constrictor reactions of the liver veins on serotonin and endothelin-1 / P.I. Yanchuk, V.I. Komarenko, L.O. Slobodyanyk // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 209–214.**

Constriction effects of serotonin (8  $\mu$ g/kg) and endothelin-1 (0,8  $\mu$ g/kg) on portal and liver veins were shown in acute experiments on the anesthetized rats. It has been suggested that this effects is realized through the endothelial secondary mediator (possibly, noradrenaline) which acts on smooth muscle cells through  $\alpha$ -adrenoreceptors and causes vasoconstriction.

**Keywords:** serotonin, endothelin-1,  $\alpha$ -adrenoreceptors, liver veins.

*Поступила в редакцию 11.05.2012 г.*

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского  
Серия «Биология, химия». Том 25 (64). 2012. № 2. С. 215-218.

УДК 66.081:544.135

## СОРБЦИЯ СТРОНЦИЯ-90 ИЗ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ НОВЫМ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ ЭНДОРЕЦЕПТОРА ДИБЕНЗО-18-КРАУН-6

*Бежин Н.А., Довгий И.И.*

*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,  
Севастополь, Украина  
E-mail: nickbezhin@yandex.ru*

Изучены сорбционные свойства нового сорбента, полученного импрегнированием эндорцептора дибензо-18-краун-6 на полимерную матрицу «Поролас-Т», при извлечении радиоактивного  $^{90}\text{Sr}$ , а именно определены коэффициенты распределения, закономерность их изменения в зависимости от концентрации азотной кислоты.

**Ключевые слова:** дибензо-18-краун-6, Поролас-Т, стронций-90, сорбция, радиоактивность.

### ВВЕДЕНИЕ

$^{90}\text{Sr}$ , период полураспада ( $T_{1/2}$ ) которого составляет 28,7 лет [1], является одним из долгоживущих изотопов, обуславливающих высокую активность отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов. Его селективное извлечение позволяет значительно снизить активность отходов, что упрощает их дальнейшую переработку и хранение. Кроме того,  $^{90}\text{Sr}$  широко применяют в качестве источников  $\beta$ -излучения. Перспективным также является разделение изотопов стронция, в частности  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{90}\text{Y}$ . Изотоп  $^{90}\text{Y}$  находит широкое применение в биологии и радиотерапии, благодаря короткому периоду полураспада (64 часа) и стабильности дочернего изотопа  $^{90}\text{Zr}$  [2].

Огромный интерес для извлечения стронция представляют сорбенты импрегнированные краун-эфирами, позволяющие селективно извлекать его из растворов чрезвычайно сложного солевого состава.

Для селективного сорбционного концентрирования стронция получен ряд сорбентов на основе дициклогексил-18-краун-6 [3–6] и его производных [3–8], однако они обладают рядом недостатков. Прежде всего, это достаточно высокая растворимость дициклогексил-18-краун-6 в воде, ведущая к его вымыванию из сорбционной системы. К тому же не следует забывать о его токсичности и дороговизне.

В отличие от дициклогексил-18-краун-6 дибензо-18-краун-6 (ДБ18К6) практически не растворим в воде, что значительно уменьшает процент вымывания его из сорбционной системы, к тому же он не токсичен и значительно дешевле.

Ранее нами было описано получение нового сорбента на основе эндорецептора ДБ18К6 с использованием в качестве исходной матрицы – смолы «Поролас-Т» [9]. Были изучены его сорбционные свойства по извлечению природного стронция из азотнокислых растворов различной концентрации. Было определено, что с повышением концентрации кислоты увеличивается коэффициент распределения стронция [10].

В связи с этим поставлена задача испытания сорбента в процессе сорбции радиоактивного изотопа  $^{90}\text{Sr}$  для подтверждения результатов, полученных на природном стронции.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методика получения сорбента, импрегнированного ДБ18К6, подробно описана в [9]. Эксперименты по определению активности  $^{90}\text{Sr}$  проводили в радиохимической лаборатории 2 класса исследовательского реактора ИР-100 (СНУЯЭиП, г. Севастополь).

Для сорбционного извлечения радиоактивного  $^{90}\text{Sr}$  обрабатывали посуду для сорбции 0,1 % раствором азотнокислого стабильного стронция, используемого в качестве изотопного носителя. После чего 10 мл исследуемого раствора радиоактивного  $^{90}\text{Sr}$  с исходной активностью порядка  $10^5$  Бк/л с различной концентрацией азотной кислоты 0,1, 1, 3, 5, 7 и 9 М смешивали с 0,1 г краунсодержащей смолы с содержанием эндорецептора ДБ18К6 5,5 %. Исследуемые растворы готовились из рассчитанных объемов концентрированной азотной кислоты и раствора радиоактивного  $^{90}\text{Sr}$  с активностью порядка  $10^6$  Бк/л. Полученные системы, периодически перемешивая, выдерживали в течение 48 ч. Время установления равновесия, было определено предварительно. После чего каждый раствор отфильтровывали.

Отбирали 1 мл каждого исходного и отфильтрованного раствора на металлическую подложку и высушивали под лампой «Соллюкс». После чего определяли их активность на радиометре в имп/с и пересчитывали в Бк/л по формуле:

$$A = \frac{N_{cp} - N_{\phi}}{V \cdot E} \text{ Бк/л,}$$

где  $N_{cp}$  – среднее количество измеренных импульсов от одной пробы, имп/с;

$N_{\phi}$  – фоновое значение импульсов, имп/с;

$E$  – коэффициент эффективности пересчетной установки;

$V$  – объем пробы, взятой для анализа, л.

Коэффициент распределения вычисляли по формуле:

$$K_p = \frac{A_{исх} - A_{кон}}{A_{кон}} \cdot \frac{V_p}{m_{сор}} \text{ мл/г,}$$

где  $A_{исх}$  – активность исходного радиоактивного раствора  $^{90}\text{Sr}$ , Бк/л;

$A_{кон}$  – активность радиоактивного раствора  $^{90}\text{Sr}$  после сорбции, Бк/л;

$V_p$  – объем радиоактивного раствора, взятый на сорбцию, мл;

$m_{сор}$  – масса сорбента, взятого на сорбцию, г.



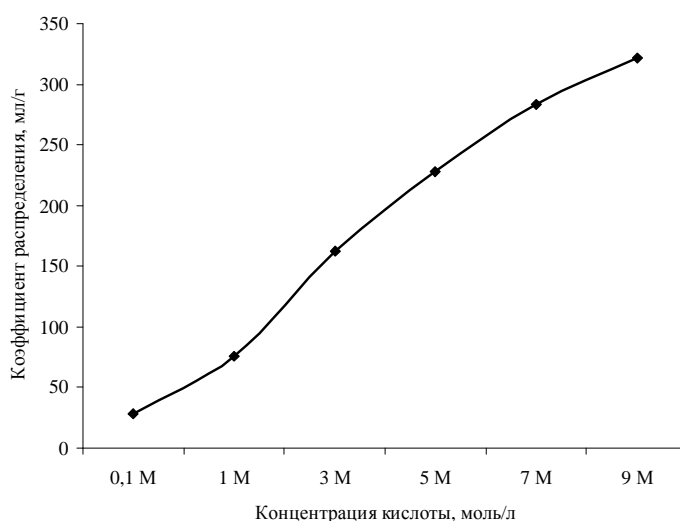
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты сорбционного извлечения радиоактивного  $^{90}\text{Sr}$  сорбентом, импрегнированным ДБ18К6, представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Таблица 1.

Результаты сорбционного извлечения  $^{90}\text{Sr}$ 

Исследуемый параметр	Концентрация $\text{HNO}_3$					
	0,1 М	1 М	3 М	5 М	7 М	9 М
$A_{\text{исх}}$ , Бк/л	$2,51 \cdot 10^5$	$2,51 \cdot 10^5$	$2,51 \cdot 10^5$	$2,51 \cdot 10^5$	$2,51 \cdot 10^5$	$2,51 \cdot 10^5$
$A_{\text{кон}}$ , Бк/л	$1,961 \cdot 10^5$	$1,425 \cdot 10^5$	$9,58 \cdot 10^4$	$7,66 \cdot 10^4$	$6,55 \cdot 10^4$	$5,95 \cdot 10^4$
$K_p$ , мл/г	27,985	76,098	161,914	227,694	283,4	321,85

Рис. 1. Результаты сорбционного извлечения  $^{90}\text{Sr}$ .

Из полученных результатов видно, что коэффициенты распределения стронция при сорбции радиоактивного  $^{90}\text{Sr}$  близки к коэффициентам на природной смеси изотопов [10]. Также это косвенно может указывать на радиационную стойкость полученного сорбента, поскольку сорбция происходит в течение двух суток, а растворы использованные для сорбции являются среднеактивными. Радиолиз в протекающей системе не приводит к значительным структурным изменениям в сорбенте. Следствием этого является сохранение коэффициентов распределения по сравнению с природной смесью изотопов.

## ВЫВОДЫ

1. Изучены сорбционные свойства нового сорбента импрегнированного эндорцептором ДБ18К6 на полимерную матрицу «Поролас-Т» для извлечения радиоактивного  $^{90}\text{Sr}$  из растворов с различной концентрацией азотной кислоты.

2. Определены коэффициенты распределения стронция, оценена закономерность их изменения в зависимости от концентрации азотной кислоты.
3. Подтверждено сохранение закономерности сорбционного извлечения стронция, как для нерадиоактивных, так и для радиоактивных изотопов стронция, что может указывать на радиационную стойкость полученного сорбента.

#### Список литературы

1. Аналитическая химия стронция / Полуэктов Н.С. [и др.]. – М.: Наука, 1978. – 223 с.
2. Несмеянов А.Н. Радиохимия / Несмеянов А.Н. – М.: Химия, 1972. – 592 с.
3. Якшин В.В. Твердые гранулированные поглотители металлов на основе макроциклических полиэфиров / В.В. Якшин, О.М. Вилкова, Н.А. Царенко, Б.Н. Ласкорин // Доклады Академии наук. – 1992. – Т. 324, № 1. – Р. 144–146.
4. Якшин В.В. Методы получения твердых экстрагентов на основе краун-эфиров в полимерных матрицах / В.В. Якшин, Н.А. Царенко, Н.Г. Жукова, Б.Н. Ласкорин // Доклады Академии наук. – 1992. – Т. 325, № 4. – Р. 748–750.
5. Yakshin V.V. Metal extraction from nitric acid solutions by the macrocyclic endoreceptor dicyclohexyl-18-crown-6 immobilized in a polymer matrix / V.V. Yakshin, O.M. Vilkova, N.A. Tsarenko, A.Yu. Tsivadze // Doklady Chemistry. – 2010. – Vol. 430, No 2. – P. 54–57.
6. Kremlyakova N.Y. Determination of radiostrontium in environmental objects by extraction chromatography using TVEX-DCH18C6 / N.Y. Kremlyakova // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 1993. – Vol. 170, № 1. – P. 189–196.
7. Zakurdaeva O.A. An ESR study of radiation-chemical transformation of 4,4'(5')-di(tertbutylcyclohexano)-18-crown-6 and its solution in 1-octanol at 77 K / O.A. Zakurdaeva, S.V. Nesterov, V.I. Feldman // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2010. – Vol. 284. – P. 641–645.
8. Horwitz E.Ph. A novel strontium-selective extraction chromatographic resin / E.Ph. Horwitz, R. Chiarizia, M.L. Dietz // Solvent Extraction and Ion Exchange. – 1992. – Vol. 10, No. 2. – P. 313–336.
9. Бежин Н.А. Получение нового сорбента на основе эндорцептора дибензо-18-краун-6 / Н.А. Бежин, И.И. Довгий, А.В. Балиоз // Збірник наукових праць СХУЯЕтаП. – 2012. – № 1 (41). – С. 115–119.
10. Бежин Н.А. Сорбционное концентрирование стронция из азотнокислых растворов новым сорбентом на основе эндорцептора дибензо-18-краун-6 / Н.А. Бежин, И.И. Довгий, А.Ю. Ляпунов // Збірник наукових праць СХУЯЕтаП. – 2012. – № 2 (42). (в печати).

**Бежин М.О. Сорбція стронцію-90 з азотнокислих розчинів новим сорбентом на основі ендорцептору дібензо-18-краун-6 / М.О. Бежин, І.І. Довгий // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 215-218.**

Вивчені сорбційні властивості нового сорбенту, який отриманий імпрегуванням ендорцептору дібензо-18-краун-6 на полімерну матрицю «Поролас-Т», при витягу радіоактивного  $^{90}\text{Sr}$ , а саме визначені коефіцієнти розподілу, закономірність їх зміни залежно від концентрації азотної кислоти.

**Ключові слова:** дібензо-18-краун-6, Поролас-Т, стронцій-90, сорбція, радіоактивність.

**Bezhin N.A. Sorption strontium-90 of new sorbent on the base of endoreceptor dibenzo-18-crown-6 / N.A. Bezhin, I.I. Dovgyy // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 215-218.**

The sorption properties of new sorbent which was obtained by impregnation of endoreceptor dibenzo-18-crown-6 in the polymer matrix "Porolas-T" was studied on the respect of the extraction of radioactive  $^{90}\text{Sr}$ , namely the distribution coefficients and pattern their changes depending on the concentration of nitric acid.

**Keywords:** dibenzo-18-crown-6, Porolas-T, strontium-90, sorption, radioactivity.

*Поступила в редакцію 17.05.2012 г.*

**УДК 663.253.2: 547.477**

## **ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИКЁРА В ПРОЦЕССЕ СТУПЕНЧАТОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ**

*Бурда В.Е.<sup>1</sup>, Панов Д.А.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>"Севастопольский винзавод", Севастополь, Украина*

*<sup>2</sup>Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

*E-mail: mendes@inbox.ru*

В работе проведено исследование изменения химического состава (титруемые кислоты, этиловый спирт, железо(III) и сернистый ангидрид) виноградных сусел сортов Алиготе, Ркацетели и смеси столовых сортов винограда в процессе постепенного прибавления сахарозы. Полученный резервуарный ликер может быть использован для вторичного брожения.

**Ключевые слова:** резервуарный ликер, виноградное сусло, титруемые кислоты, этиловый спирт.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время все ведущие винодельческие страны мира имеют соответствующие законы о вине. Согласно ныне действующей нормативной документации в сфере производства вина в Украине и в странах СНГ, к натуральным винам относятся только те столовые вина, которые получены в результате сбраживания естественного сока без каких-либо добавок кроме тех, которые применяют для обеспечения стабильности готовой продукции. Между тем, как гармонизированная, украинская классификация товаров внешнеэкономической деятельности (код 2204) включает в категорию натуральных вин не только столовые вина, но и крепленые вина, если они изготовлены с применением этилового спирта виноградного происхождения. Европейская практика также использует для крепления вин спирт виноградного происхождения. В случае применения добавок не виноградного происхождения (кроме этилового спирта, так его применение в странах ЕС является фальсификацией), то такие вина относят к категории специальных.

Исходя из европейской практики, к специальным винам можно смело относить и игристые вина, так как в технологии производства игристых вин используются резервуарный и экспедиционный ликёры, изготовленные из сахаросодержащего материала не виноградного происхождения – сахара песка или сахарозы. Это общепринятая мировая практика современного бутылочного и резервуарного способов производства игристых вин. Однако сахароза оказывает отрицательное воздействие на организм человека, на его иммунную систему. Сахароза в присутствии воды под действием ферментов разлагается на природные сахара – глюкозу и фруктозу [1, 2]. В момент разложения сахарозы массово образуются именно такие свободные радикалы («молекулярные ионы»), которые активно

блокируют действие антител, защищающих организм от инфекции, и организм становится практически беззащитен.

На обогащение вин сахарозой в своих работах особое внимание уделяли Кудлай Д.В., Касай Е.В., Соболев Э.М. [3]. Ими отмечается, что применение шапталлизации для повышения массовой концентрации сахаров сусла на 4–5% может привести к формированию недобродов, но самое главное к увеличению концентрации инвертированной сахарозы, что негативно сказывается на качестве виноматериалов и органолептических свойствах получаемых из них сухих вин. Рекомендуемое повышение сахаристости сусла при шапталлизации не более 3%.

Из этого следует, что производство игристых вин марок «полусухое» – «сладкое» на основе сахарозы может привести к увеличению инвертированной сахарозы. Это, в свою очередь, негативно отражается на качестве и полезности игристых вин, пропорционально росту сахаристости.

Технология приготовления ликёров, предусматривает приготовление ликёров на основе купажных шампанских виноматериалов. Сахароза или сахар – песок загружают в реактор с купажом шампанских виноматериалов с постоянным тщательным перемешиванием. По мнению Авакянца С.П. для быстрого растворения сахара в винной среде и обескислороживания купажа желателен подогрев виноматериала до  $t = 50\text{--}60$  °С. Но он так же отмечает, что при нагревании вина с сахаром, происходит термический распад фруктозы и сахароаминная реакция. При этом образуются оксиметилфурфурол, фурфурол, фуранон, производные фурана и пиразина, лактоны, меланоидины и другие компоненты, приводящие к потемнению вина. Таким образом, нагревание вина с сахаром вызывает нежелательные изменения цвета, вкуса и аромата виноматериалов, а для приготовления без нагрева при  $t = 13\text{--}15$  °С требуется 2 суток, что в результате перемешивания приводит к излишнему обогащению кислородом воздуха и потере аромата [4–6].

Целью данной работы явилось изучение изменения химического состава резервуарного (тиражного) ликера, приготовленного на сортовом шампанском виноматериале, спорном в отношении шампанского производства сорта Ркацители и смеси столовых сортов винограда (Мускат Гамбургский, Мускат Италия), в процессе ступенчатого приготовления с периодической загрузкой сахарозы в виноматериал по сортам для дальнейшего использования его в производстве игристых сортов вин.

Ступени загрузки сахарозы соответствовали по содержанию сахара ступеням вымораживания, которые отражены в статье [7].

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для приготовления ликера были использованы сухие виноматериалы из сортов Алиготе, Ркацители и смеси столовых сортов винограда (Мускат Гамбургский, Мускат Италия), произрастающих в Севастопольской зоне возделывания винограда (АФ «Золотая балка»), то есть из тех же сортов и, соответственно, зоны произрастания, что и сусло, используемое для получения криоконцентратов [7]. Ликёр готовили согласно технологической инструкции и рекомендациям [1]. Температура подогрева купажа соответствовала 50 °С. Каждая ступень

## ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИКЁРА В ПРОЦЕССЕ...

приготовления длилась час. Определение химических показателей сула на всех этапах (ступенях), приготовления ликера проводилось согласно ГОСТам и методикам выполнения измерений [8]. В работе были использованы следующие методы: потенциометрический, фотоколориметрический, рефрактометрический, метод отгонки летучих кислот с водяным паром и др. Полученные данные приведены в Табл. 1, причем даны средние значения из трех параллельных измерений.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всем трём сортам ликёров была проведена дегустационная оценка и сделаны общие физико-химические анализы, необходимые при приготовлении ликёров для производства игристых вин (табл.1).

**Таблица 1.**  
**Изменение химических показателей резервуарного ликера на основе сахаразы в зависимости от её концентрации**

Стадии приготовления	Массовая концентрация сахаров, г/дм <sup>3</sup>	Объёмная доля этилового спирта, %	Массовая концентрация			
			титруемых кислот, г/дм <sup>3</sup>	сернистой кислоты, мг/дм <sup>3</sup> , св/об	летучих кислот, г/дм <sup>3</sup>	железа, мг/дм <sup>3</sup>
<b>Ликёр на основе виноматериала Ркацители</b>						
Исходный в/м	–	6,90	11,34	6,4/169,4	0,70	
I	181	6,17	9,44	6,4/163,2	0,71	6,11
II	215	5,97	9,51	6,4/172,0	0,65	5,87
III	284	5,78	8,97	6,4/160,0	0,71	5,61
IV	399	5,39	6,59	6,4/153,6	0,70	5,34
<b>Ликёр на основе виноматериала смеси столовых сортов винограда</b>						
Исходный в/м	–	5,84	10,46	6,4/57,6	0,50	7,5
I	190	5,25	8,73	6,4/51,2	0,51	7,2
II	263	4,99	8,27	6,4/44,8	0,50	7,2
III	300	5,19	7,85	6,4/44,8	0,45	7,0
IV	400	4,60	7,21	6,4/44,6	0,40	7,0
<b>Ликёр на основе виноматериала Алиготе</b>						
Исходный в/м	–	7,05	11,05	7,5/180	0,61	6,5
I	185	6,25	9,35	7,5/178	0,61	6,2
II	250	6,01	8,85	7,5/173	0,60	6,2
III	330	5,75	8,36	7,5/170	0,58	6,0
IV	380	5,48	6,25	7,5/167	0,57	6,0

В результате дегустационной оценки данных образцов ликёров можно отметить, что ликёры из белых сортов винограда имеют характерный цвет, присущий резервуарным ликёрам, приготовленным по традиционной технологии [1]. В аромате ощущается сорт винограда, во вкусе – гармоничные, округлые

маслянистые. Ликер, приготовленный на смеси столовых сортов имеет тёмно-розовую окраску, в аромате ощущается лёгкий мускатный тон, во вкусе маслянистый, округлый, несколько полнее предыдущих образцов.

*Объёмная доля этилового спирта.* Спирт является основным продуктом виноделия, т.к. влияет на аромат и вкус вина. В игристых винах этиловый спирт является фактором микробиальной стабильности, влияет на показатель поверхностного натяжения, от которого в свою очередь зависят свойства игристых вин. В процессе ступенчатого приготовления ликеров на всех этапах наблюдается снижение содержание спирта, вероятно, это связано с протеканием реакции этерификации и окисления.

*Массовая концентрация сахара.* Сахар в ликёре играет важную роль при его хранении. Согласно технологической инструкции [1] массовая концентрация сахаров в пересчёте на инвертный в резервуарном ликёре должна составлять 500–600 г/дм<sup>3</sup>.

*Массовая концентрация титруемых кислот* – сумма содержащихся в сусле свободных кислот и их кислых солей, должна находиться в пределах от 5,0 до 14,0 г/дм<sup>3</sup>. Титруемая кислотность является очень важным показателем в производстве игристых вин, придавая им свежесть, если находится в достаточном количестве. Недостаток титруемых кислот делает вина "разлаженными" и "плоскими". Как следует из полученных данных, титруемая кислотность по мере накопления сахара при загрузке в реактор тождественно снижает показания у всех образцов. Данные содержания титруемой кислотности в полученных ликерах соответствуют предъявленным требованиям.

*Массовая концентрация сернистой кислоты.* Диоксид серы широко используется в виноделии как консервант и антиоксидант для сульфитации мезги, суслу и вина. При растворении в сусле образует несколько форм сернистой кислоты: свободная (недиссоциированная, гидросульфит-ионы, сульфит-ионы) и связанная (с ацетальдегидом, с кетокислотами, сахарами, красящими веществами). Соотношение форм зависит от рН среды и температуры. Сернистая кислота ингибирует постороннюю микрофлору суслу, способствуя проведения брожения на чистой культуре дрожжей. Полученные данные свидетельствуют о том, что добавление сахарозы в виноматериал не влияет на содержание связанной сернистой кислоты, в тоже время наблюдается незначительное изменение общего ее содержания. Это можно объяснить тем, что ионы железа активизируют окисление сернистой кислоты.

*Массовая концентрация летучих кислот.* Летучие кислоты являются показателем качества вина, обусловленным содержанием в нём алифатических одноосновных кислот с числом углеродных атомов от 1 до 9. Основным представителем летучих кислот является уксусная, составляющая 90% от их общего содержания. Содержание летучих кислот лимитируется при производстве вин, так как они придают винам неприятный вкус и запах, а в высоких концентрациях свидетельствуют о микробных заболеваниях. Из табличных данных следует, что содержание летучих кислот не меняется для ликеров на основе виноматериалов Алиготе и Ркацители и незначительно уменьшается для смеси столовых вин.

Содержание солей железа существенно влияет на вкусовые качества вина. При постепенном добавлении сахарозы в виноматериал содержание солей железа (III)

заметно снижается для ликеров на основе Ркацители (табл. 1), можно предположить, что часть ионов железа связывается в малодиссоциирующие комплексы или же участвует в протекающих в виноградном сусле окислительно-восстановительных процессах.

### ВЫВОД

Проведенные исследования показали, что по своему химическому составу и органолептическим показателям приготовленные сортовые резервуарные ликеры соответствуют всем требованиям, предъявляемым к ликёрам, и могут быть использованы в производстве игристых сортовых вин.

### Список литературы

1. Технологічна інструкція на виробництво вин ігристих : ТІ У 00011050-15.93.11 – 3:2009 – [затверджена 2009-07-21]. – К.: Міністерство аграрної політики України, 2009 – с. 41.
2. Современные способы производства игристых вин / под ред. Г.Г. Валуйко – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1999. – 328 с.
3. Кудлай Д.В. Влияние шпательизации виноградного сусла на физико-химические показатели виноматериалов / Кудлай Д.В., Касай Е.В., Соболев Э.М. – Симферополь: «Крым», 2004.– 342 с.
4. Косюра В.Т. Игристые вина. История, современность и основные направления производства / Косюра В.Т. – Краснодар, 2006. – 503 с.
5. Способы производства вин. Превращения в винах / [Рибера-Гайон Ж., Пейно Э., Рибера-Гайон П., Сюдро П.]; пер. с франц. под ред. Г.Г. Валуйко. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1990. – 480 с.
6. Авакянц С.П. Игристые вина / Авакянц С.П. – М.: «АГРОПРОМИЗДАТ», 1986. 272 с.
7. Панова Э.П. Влияние низких температур на физико-химические свойства виноградного сусла / Э.П. Панова, Г.Н. Кацева, В.Е. Бурда // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: Биология, Химия. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 40–47.
8. Гержикова В.Г. Методы технического контроля в виноделии / Гержикова В.Г. – Симферополь: «Таврида», 2002. – 259 с.

**Бурда В.Е. Зміна хімічного складу лікеру в процесі ступінчастого приготування / В.Е. Бурда, Д.А. Панов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 219-223.**

У роботі проведено дослідження зміни хімічного складу (кислоти, що титруються, етиловий спирт, сірчистий ангідрид і залізо) виноградних сусел сортів Алиготе, Ркацетели й суміші столових сортів винограду в процесі поступового введення сахарози. Отриманий резервуарний лікер може бути використаний для вторинного бродіння.

**Ключові слова:** резервуарний лікер, виноградне сусло, кислоти, що титруються, етиловий спирт.

**Burda V.E. The chemical composition of liqueur change in the process of step preparation / V.E. Burda, D.A. Panov // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 219-223.**

In this work carry out research the changes of chemical composition (titrate acids, ethanol, sulphur(IV) oxide and iron) of must grade Aligote, Rkacseteli and mixes of Chasselas, is conducted in the process of gradual addition of sucrose. Derived reservoir liqueur can be used for the second fermentation.

**Keywords:** reservoir liqueur, grape must, titrate acids, ethanol.

*Поступила в редакцію 10.05.2012 г.*

УДК 539.196:543.422

## О МИНИМИЗАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТАНТЫ РАВНОВЕСИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ С ВОДОРОДНОЙ СВЯЗЬЮ

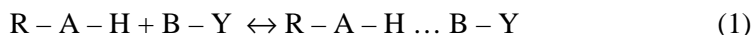
*Валиев Э.В., Шейх-Заде М.И.*

*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина  
E-mail: envervaliev@rambler.ru*

Рассмотрена реакция образования комплексов с водородной связью при отсутствии самоассоциации донора протона. Получены и проанализированы графики зависимостей  $\epsilon_K$  от  $\gamma = C_0^B/C_0^A$ ,  $K$ ,  $C_0^A$ . Выявлены условия эксперимента, при которых  $\epsilon_K$  может быть получена со значением меньшим, чем заранее заданная величина  $\epsilon$ .

**Ключевые слова:** водородная связь, донор протона, акцептор протона, константа равновесия, относительная погрешность.

ИК спектрофотометрия широко применяется при исследовании спектроскопических и термодинамических характеристик молекулярных систем с водородной связью (ВС). Обычно при исследовании таких систем стремятся работать с разбавленными растворами в инертных растворителях, чтобы изучаемое равновесие



было единственным.

Изменения энтальпии  $\Delta H$  и энтропии  $\Delta S$  процесса (1) находятся из температурной зависимости константы равновесия  $K$  этого процесса. Поэтому погрешности (ошибки) в найденных таким образом значениях  $\Delta H$  и  $\Delta S$  будут зависеть от погрешностей в определении значений  $K$ . Анализ ряда факторов, влияющих на точность спектрофотометрического измерения величины  $K$ , проведен, например, в [1-3].

Задачей данной работы являлось изучение влияния соотношения  $\gamma = C_0^B/C_0^A$  между исходными концентрациями донора  $C_0^A$  и акцептора  $C_0^B$  протона на относительную погрешность  $\epsilon_K$  константы равновесия процесса (1) с целью минимизации этой погрешности.

Константа равновесия процесса (1), с учетом уравнений баланса для донора и акцептора протона, определяется выражением:

$$K = (C_0^A - C^A) / \{C^A \cdot [(\gamma - 1) \cdot C_0^A + C^A]\}, \quad (2)$$

где  $C^A$  – концентрация свободных молекул донора протона. Выражение для  $\epsilon_K$ , полученное из (2), имеет вид:



$$\varepsilon_K = [\gamma \cdot \varepsilon_1 + |(1 - \alpha)^2 - \gamma| \cdot \varepsilon_2 + |\gamma \cdot (1 - \alpha)| \cdot \varepsilon_3] / [(1 - \alpha) \cdot (\gamma - 1 + \alpha)], \quad (3)$$

где  $\alpha = C^a / C_0^a$ ,  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$ ,  $\varepsilon_3$  – соответственно относительные погрешности величин  $C_0^a$ ,  $C^a$ ,  $C_0^b$ .

С точки зрения математики минимизация  $\varepsilon_K$  сводится к нахождению с применением методов дифференциального исчисления условий минимума функции (3) в зависимости от  $\gamma$ . Однако, может оказаться, что найденные таким образом значения  $\gamma$ , будет невозможно реализовать в реальном эксперименте по тем или иным причинам. Поэтому найдем оптимальные условия для измерения  $K$  другим путем. Зададим исходные значения  $\varepsilon_i$  и найдем условия, при которых  $\varepsilon_K$  будет минимальна или меньше заранее заданной величины  $\varepsilon$ . Для этого можно численными методами решить уравнение (3) и построить семейство кривых, выражающих зависимость  $\varepsilon_K$  от  $\gamma$  для заданных значений  $C_0^a$  и  $K$ . Необходимые для этого значения  $C^a$  можно найти из решения уравнения (2) при тех же значениях  $C_0^a$  и  $K$ . Для расчетов необходимо задать также значения  $\varepsilon_i$ . Произведем оценки этих величин.  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_3$  характеризуют относительную погрешность составления  $C_0^a$  и  $C_0^b$  соответственно и зависят от чистоты веществ и растворителя, от погрешности методики приготовления раствора. Практически нетрудно получить значения  $\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = 0,01$ . Величина  $\varepsilon_2$  характеризует относительную погрешность спектрофотометрического измерения  $C^a$  и зависит от многих факторов [1–3] и, в лучшем случае, может иметь значение примерно 0,05. Эти оценки для  $\varepsilon_i$  и были использованы для расчетов.

На рис.1 приведены полученные графики зависимостей  $\varepsilon_K$  от  $\gamma$  для нескольких значений  $K$ .

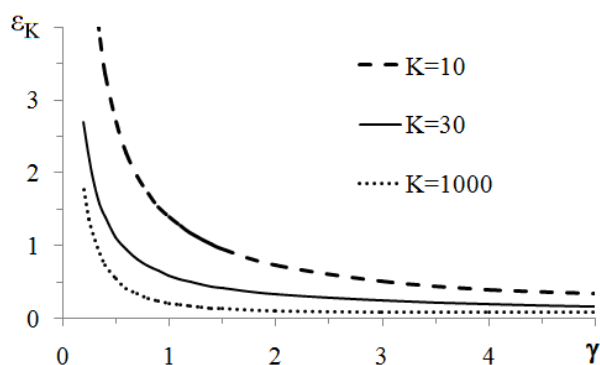


Рис. 1. Графики зависимостей  $\varepsilon_K$  от  $\gamma$ .  $C_0^a = 0,005$  моль/л.

Из рис.1 можно видеть, что при  $\gamma < 1$  величина  $\varepsilon_K$  резко возрастает для всех значений  $K$ ; особенно велики значения  $\varepsilon_K$  для малых  $K$ . Большие значения  $\varepsilon_K$  при  $\gamma < 1$  могут быть обусловлены (при прочих равных условиях) тем, что в этих случаях концентрации комплексов с ВС будут малы и ошибки измерения этих концентраций будут давать большой вклад в  $\varepsilon_K$ , а также и тем, что в этих случаях

возможно образование комплексов с ВС иного состава, чем 1:1 и равновесие (1) уже не будет единственным. В [4] при исследовании состава комплексов с ВС пентахлорфенола с триэтиламинем в растворе  $CCl_4$  показано, что при  $\gamma \geq 1$  имеются только комплексы состава 1:1, при  $0,55 < \gamma < 1$  имеются также комплексы состава 2:1, при  $\gamma < 0,55$  образуются и комплексы состава 3:1. Таким образом, использование значений  $\gamma > 1$  позволяет реализовать в растворе только комплексы с ВС состава 1:1, а также уменьшить значение  $\epsilon_K$  до приемлемо малой величины.

Как видно из рис.1, значения  $\epsilon_K$  зависят и от самой величины  $K$ . В более удобном для анализа виде графики зависимостей  $\epsilon_K$  от  $K$  приведены на рис.2 для нескольких значений  $\gamma$ .

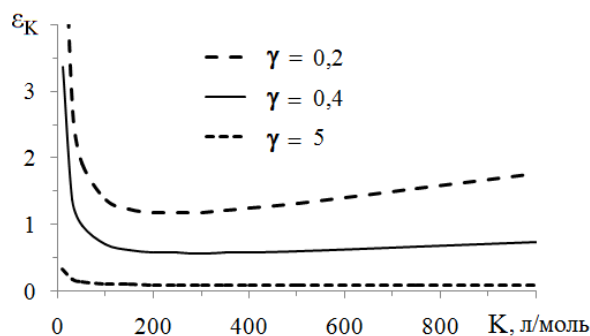


Рис. 2. Графики зависимостей  $\epsilon_K$  от  $K$ .  $C_0^a = 0,005$  моль/л.

Из рисунков 1 и 2 можно получить условия, при которых величину  $K$  можно определить с заранее заданным значением  $\epsilon_K$ . Например, для значений  $K$  в интервале 100-1000 л/моль (что соответствует широкому набору доноров и акцепторов протона) для получения  $\epsilon_K \approx 8 - 10$  % необходимо использовать значение  $\gamma \approx 5$ .

Значения  $\epsilon_K$  могут зависеть еще и от  $C_0^a$ . На рис.3 приведены графики зависимостей  $\epsilon_K$  от  $C_0^a$  для нескольких значений  $K$  при значении  $\gamma = 5$ .

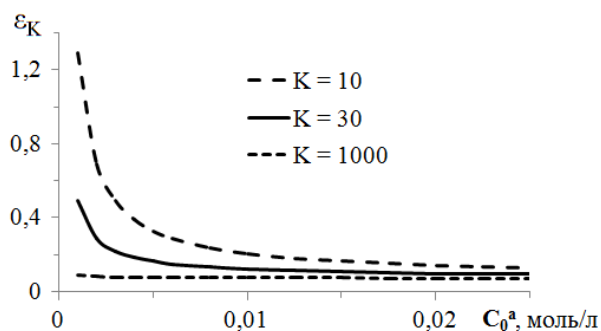


Рис. 3. Графики зависимостей  $\epsilon_K$  от  $C_0^a$ .  $\gamma = 5$  для всех  $K$ .

Как видно из этих графиков, с уменьшением  $C_0^a$  значение  $\epsilon_K$  растет, особенно при малых  $K$ . Поэтому для получения малых значений  $\epsilon_K$  нужно использовать возможно большие значения  $C_0^a$ , при которых, однако, еще нет самоассоциации донора протона.

## ВЫВОД

На основании проведенного анализа зависимостей  $\epsilon_K$  от  $\gamma$ ,  $K$ ,  $C_0^a$  выявлены условия эксперимента, при которых величину  $\epsilon_K$  можно свести до заранее заданного приемлемо малого значения.

## Список литературы

1. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия / Смит А. – М.: Мир, 1982. – 328 с.
2. Булатов М.И. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинин. – Л.: Химия, 1976. – 376 с.
3. Кесслер И. Методы инфракрасной спектроскопии в химическом анализе / Кесслер И. – М.: Мир, 1964. – 287 с.
4. Gramstad T. Studies of hydrogen bonding. Path III. Intermolecular hydrogen bond association between nitrogen compounds and methanol, phenol,  $\alpha$ -naphthol and pentachlorophenol / T. Gramstad // Acta Chem. Scand. – 1962. – Vol.16, № 4. – P. 807.

**Валієв Е.В. Про мінімізацію відносної похибки спектрофотометричного визначення константи рівноваги утворення комплексів з водневим зв'язком / Е.В. Валієв, М.І. Шейх-Заде // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 224-227.**

Розглянуто реакція утворення комплексів з водневим зв'язком при відсутності самоасоціації донора протона. Отримано та проаналізовано графіки залежностей  $\epsilon_K$  від  $\gamma = C_0^b/C_0^a$ ,  $K$ ,  $C_0^a$ . Виявлені умови експерименту, при яких  $\epsilon_K$  може бути отримана із значенням менше, ніж заздалегідь задана величина  $\epsilon$ .  
**Ключові слова:** воднева зв'язок, донор протона, акцептор протона, константа рівноваги, відносна похибка.

**Valiev E.V. The minimization of the relative error of the spectrophotometric definition of the equilibrium constant of formation of complexes with hydrogen bond / E.V. Valiev, M.I. Sheikh-Zade // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 224-227.**

We consider the reaction of hydrogen-bonded complexes in the absence of proton donor self-association. Obtained and analyzed from the plots of the  $\epsilon_K$   $\gamma = C_0^b/C_0^a$ ,  $K$ ,  $C_0^a$ . Determined experimental conditions under which  $\epsilon_K$  can be obtained with a value less than the predetermined value  $\epsilon$ .

**Keywords:** hydrogen bond, proton donor, proton acceptor, the equilibrium constant, the relative error.

*Поступила в редакцію 12.05.2012 г.*

**УДК 663.253.2:542.8**

## **ГИДРАТАЦИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВИН ПО ДАННЫМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

***Жулякова Т.А.<sup>1</sup>, Горобченко О.А.<sup>2</sup>, Николов О.Т.<sup>2</sup>, Аристова Н.И.<sup>1</sup>***

*<sup>1</sup>Национальный институт винограда и вина "Магарач" НААН Украины, Ялта, Украина*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина Харьков, Украина*

*E-mail: golden.heart@mail.ru*

Данные диэлькометрии длинноволнового, сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн применены для оценки гидратации этанола, глицерина, глюкозы и сахарозы в воде и водно-спиртовых растворах.

**Ключевые слова:** свободная и гидратная вода, глицерин, этанол, сахароза, вино.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Вода является универсальным растворителем для всех биологических сред. Изменения в количественном и качественном составе водных систем могут проявляться в изменении соотношения между свободной и гидратной водой [1]. В связи с этим изучение гидратного окружения молекул актуально для правильного понимания механизмов межмолекулярных взаимодействий в растворах и биологических средах.

Для контроля влагосодержания различных сред традиционно применяют методы термогравиметрии и Фишера [2, 3], методы прикладной спектроскопии с использованием электромагнитных волн оптического и инфракрасного диапазонов и ЯМР [4, 5], а также освоенные технически последними сантиметровый и миллиметровый диапазоны длин волн ( $30 \text{ мм} > \lambda > 1 \text{ мм}$ ) [6, 7]. Основным преимуществом сантиметровых и миллиметровых волн применительно к контролю влагосодержания является резкое возрастание чувствительности к воде с ростом частоты, практическая независимость поглощения сантиметровых и особенно миллиметровых волн от наличия проводящих примесей (в отличие от более длинных волн) и возможность применения для контроля сред, непрозрачных в инфракрасном и оптическом диапазонах волн.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Основным в алгоритме определения влагосодержания ( $W$ ) является установление взаимосвязи между содержанием воды в изучаемой среде и ее диэлектрической проницаемостью (ДП). Величина ДП зависит от частоты поля, температуры, давления, а также от молекулярной структуры вещества и, в частности, гидратации. Эффект гидратации проявляется в уменьшении ДП водного

раствора за счет исключения из системы в результате взаимодействия с растворенным веществом части молекул воды, способных ориентироваться в переменном электромагнитном поле.

Связь ДП раствора  $\varepsilon$  с гидратацией на СВЧ описывается различными соотношениями [8, 9]. Для случая малых концентраций  $C$  можно считать:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \gamma \cdot C, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_0$  – ДП растворителя,  $\gamma$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от степени гидратации, геометрии гидратируемых молекул, удельного объема, ДП основной среды и включений.

Статическую ДП ( $\varepsilon_0$ ) однокомпонентного водного раствора можно рассчитать по измеренным на СВЧ значениям действительной  $\varepsilon'$  и мнимой  $\varepsilon''$  частей комплексной диэлектрической проницаемости (КДП) в предположении справедливости уравнений Дебая для воды в разбавленных растворах [8]:

$$\varepsilon_0 = \varepsilon' + \frac{\varepsilon''^2}{\varepsilon' - \varepsilon_\infty}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_\infty = 5,5$  – ДП воды в ИК-диапазоне.

В данной работе результаты измерений КДП на разных частотах были использованы для оценки степени гидратации основных компонентов вин: глюкозы, этанола, глицерина, а также дисахарида сахарозы.

Измерения КДП образцов глицерина (16,67 мас.%) на длине волны 3,4 см выполняли резонаторным методом [8]. Образцы готовили на бидистиллированной воде, удельная электропроводность которой не превышала  $10^{-4}$  См·м<sup>-1</sup>. Контроль электропроводности осуществляли с помощью моста переменного тока типа Р568 на частоте 10 кГц. Образцы вина с добавкой сахарозы готовили добавлением 30 г/дм<sup>3</sup> сахарозы в белое сухое вино с исходной концентрацией сахаров 0,6 г/дм<sup>3</sup>.

Для оценки гидратации этанола и глицерина на других длинах волн использовали литературные данные измерений статической и КДП в образцах водных растворов с объемной долей этанола и массовыми концентрациями глицерина и глюкозы 10%, водно-спиртовых растворов с объемной долей этанола 10% и массовыми концентрациями сахарозы 10% и глицерина 15% .

Гидратацию исследованных веществ выражали числом гидратации  $H$  – количеством молекул воды, связываемым одной молекулой растворенного вещества. Для расчета гидратации использовали формулу [8]:

$$H = \frac{1000 \cdot \gamma}{\varepsilon_0 \cdot M}, \quad (3)$$

где  $M$  – молекулярная масса воды,  $\gamma = (\varepsilon_0 - \varepsilon)/C$ ,  $\varepsilon_0$  – статическая ДП чистой воды,  $\varepsilon$  – статическая ДП раствора при молярной концентрации растворенного вещества  $C$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 представлены результаты расчета чисел гидратации глицерина в воде и сахарозы в белом сухом вине ( $\Delta\varepsilon_0 = \varepsilon_0 - \varepsilon$ ) по данным измерений КДП в диапазоне длин волн ( $\lambda = 3$  см).

Таблица 1.

### Параметры гидратации глицерина и сахарозы

Раствор	$\Delta\varepsilon_0$	$\gamma$	$H$
Глицерин – вода (22 °С)	7,85	4,33	3,0
Сахароза – белое сухое вино (19 °С)	1,68	20,05	20,4 (10,2*)

\* в расчете на мономер (глюкозу/фруктозу)

Из представленных в таблице 1 данных следует, что гидратация сахарозы значительно выше, чем глицерина: в расчете на одно моносхаридное звено сахарозы – в 3,4 раза.

Результаты расчета гидратации спиртов и сахаров на основе имеющихся литературных данных измерения КДП на разных длинах волн представлены в таблице 2. Для расчета использовали данные измерений на длине волны 16,7 км [10], в диапазоне длин волн 0,02–2 м [11] и 9,4 мм [12]. Как следует из данных таблиц 1 и 2, гидратация сахарозы и глюкозы в воде и белом сухом вине очень близки, отличаясь на 1–2 молекул воды, а гидратация сахарозы превышает гидратацию глюкозы в 1,9 раза, что отражает дисахаридную структуру молекулы сахарозы, состоящей из остатков глюкозы и фруктозы.

Таблица 2.

### Параметры гидратации спиртов и сахаров по данным измерений $\varepsilon^*$ на разных длинах волн (25 °С)

Раствор	Длина волны	$\Delta\varepsilon_0$	$\gamma$	$H$
Этанол – вода	16,7 км	5,56	3,1	2,1
Этанол – вода (23 °С)	0,02–2 м	5,36	3,0	2,0
Этанол – вода	9,4 мм	13,41	7,71	5,6
Глицерин – вода	9,4 мм	4,82	8,93	6,4
Глюкоза – вода	9,4 мм	4,66	16,64	12,0
Глицерин – этанол (10 % об.) – вода	9,4 мм	9,43	5,79	5,1
Сахароза – этанол (10 % об.) – вода	9,4 мм	7,06	25,31	22,4 (11,2*)

\* в расчете на моносхаридную единицу (глюкозу/фруктозу)

Из полученных результатов следует, что глицерин связывает приблизительно на 1 молекулу воды больше, чем этанол. По абсолютной величине вычисленные числа гидратации спиртов при измерениях на миллиметровых длинах волн больше в 2–3 раза. Этот результат согласуется с данными о превышении в 1,8 раза гидратации мономера полиэтиленгликоля (ПЭГ) с молекулярной массой  $M = 37400$ , рассчитанной по спектральным измерениям в диапазоне от 300 до 8,6 мм (5,4 молекулы воды на мономерное звено ПЭГ) в сравнении с полученной нами ранее гидратацией мономера ПЭГ по данным измерений на 340 мм ( $\approx 3,0$  молекулы воды на оксиэтильное звено ПЭГ и 2,6 молекул воды на молекулу этиленгликоля [8]). Следовательно, измерения КДП спиртов в миллиметровом диапазоне позволяют зафиксировать большее количество воды с измененной в сравнении с обычной водой структурой по сравнению с измерениями в сантиметровом диапазоне длин волн.

Гидратация глюкозы и сахарозы при измерениях в миллиметровом диапазоне превышает аналогичные данные, полученные в сантиметровом диапазоне длин волн, незначительно – в 1,1 раза.

Авторами работы [9] при исследовании водно-этанольных растворов на еще более короткой длине волны (2 мм) показано, что гидратация этанола складывается из двух частей – гидрофильной гидратации группы ОН ( $\approx 2,0$  молекулы воды) и гидрофобной гидратации этильной группы ( $\approx 2,5$  молекул воды), в сумме составляя 4,5 молекул воды на молекулу этанола. Под гидрофобной гидратацией при этом понимается изменение структуры воды в ближайшем окружении углеводородного радикала, связанное или с увеличением количества Н-связей между молекулами воды или с их упрочнением. Этот результат близок к полученной нами оценке гидратации этанола по измерениям КДП на длине волны 9,4 мм (5,6 молекул воды, табл. 2), что свидетельствует о том, что данные миллиметровой диэлектротрии позволяют оценить максимальное количество воды с измененной в результате взаимодействия с растворенным веществом структурой.

### ВЫВОД

На основании полученных результатов найдено, что гидратация сахарозы и глюкозы происходит преимущественно по гидрофильному типу и значительно превышает гидратацию исследованных спиртов.

Установлено, что гидратация спиртов является следствием различных молекулярных механизмов их взаимодействия с растворителем, и по диэлектрическим измерениям в микроволновом и сантиметровом диапазонах длин волн возможно разделение вкладов гидратационных эффектов разной природы в суммарную гидратацию спиртов.

### Список литературы

1. Аксенов С.И. Вода и ее роль в регуляции биологических процессов / Аксенов С.И. – М. : Наука, 1990. – 117 с.
2. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги : ГОСТ 28561-90. – [Действующий от 2010-06-25]. – М. : ИПК Изд. Стандартов, 2010. – 12 с.

- Lage M.A. Contribucion a la tipificacion de vinos Gallegos : ribeiro, valdeorras y albarino. I. Determinacion de aqua / M.A. Lage, J. Simal, G. Salgado // Alimentaria. – 1988. – Vol. 25, № 192. – P. 67–69.
- Финч А. Применение длинноволновой ИК-спектроскопии в химии / Финч А., Гейтс П., Редклиф К. – М.: Мир, 1973. – 286 с.
- Семена масличных культур. Одновременное определение содержания масла и влаги. Спектрометрический метод импульсного ядерного магнитного резонанса (ISO 10565:1998, IDT) : ДСТУ ISO 10565:2003. – [Действующий от 2005-01-07]. – К.: Госпотребстандарт Украины, 2005 – с. 14.
- Мериакри В.В. Контроль влагосодержания в средах и материалах с помощью миллиметровых волн / В.В. Мериакри, И.П. Никитин, Е.Е. Чигряй // Радиотехника. – 1996. – № 2. – С. 98–101.
- Мериакри В.В. Определение содержания спирта и сахара в водных растворах с помощью сантиметровых и миллиметровых волн. / В.В. Мериакри, Е.Е. Чигряй // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2004. – Т. 9, № 1. – С. 55–58.
- Жилякова Т.А. Диэлектрические свойства водных растворов полиэтиленгликолей с различными молекулярными массами / Т.А. Жилякова, О.Т. Николов, В.Я. Малеев // Журн. физ. хим. – 1993. – Т. 67, № 7 – С. 1396–1400.
- Завизион В.А. Исследование молекулярных взаимодействий в растворах методом миллиметровой спектроскопии. Сообщение 2. Водные растворы этанола / В.А. Завизион, В.А. Кудряшова, Ю.И. Хургин // Изв. АН СССР. Сер. Хим. – 1983. – С.1758–1763.
- Ахадов Я.Ю. Диэлектрические свойства бинарных растворов / Ахадов Я.Ю. – М.: Наука, 1977. – 400 с.
- Mashimo S. The dielectric relaxation of mixtures of water and primary alcohol / S. Mashimo, Sh. Kuwabara // J. Chem. Phys. – 1989. – Vol. 90, № 6 – P. 3292–3294.
- Complex Permittivity Measurement of High Loss Liquids and its Application to Wine Analysis / Z.E. Eremenko, V.N. Skresanov, A.I. Shubnyi [at all.] // in the book: Electromagnetic Waves. Ed. by Dr. Vitaliy Zhurbenko. – Croatia: Published by in Tech. Janeza. – 2011. – Chapter 19. – P. 403–422.

**Жилякова Т.О. Гідратація основних компонентів вин за даними діелектричних вимірів / Т.О. Жилякова, О.О. Горобченко, О.Т. Ніколов, Н.І. Арістова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 228-232.**

Дані діелькометрії довгохвильового, сантиметрового і міліметрового діапазонів довжин хвиль застосовані для оцінки гідратації етанолу, гліцерину, глюкози і сахарози у воді і водно-спиртових розчинах.

**Ключові слова:** вільна і гідратна вода, гліцерин, етанол, сахароза, вино.

**Zhilyakova T.A. Hydration of the wines basic components from data of the dielectric measuring / T.A. Zhilyakova, O.A. Gorobchenko, O.T. Nikolov, N.I. Aristova // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 228-232.**

Data of dielcometry long-wave, centimeter and millimeter ranges of waves lengths applied for the estimation of ethanol, glycerin, glucose and sucrose hydration in water and aqueous-alcoholic solutions.

**Keywords:** free and hydrate water, glycerin, ethanol, sucrose, wine.

*Поступила в редакцію 15.05.2012 г.*



**UDC 544.54**

## **RADIOLYTIC DESTRUCTION OF OCHRATOXIN IN DAMP BARLEY GRAINS**

*Mamedov Kh. F.*

*Institute of the Radiation Problems, National Academy of Sciences, Department of the Complex  
Researches of the Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan  
E-mail: xagani06@mail.ru*

The destruction of ochratoxin in damp grains of barley under the influence of ionizing radiation of  $^{60}\text{Co}$  has been studied. The possibility of “radiolytic detoxification” of barley has been determined at the various degrees of grains’ humidity and at the different values of absorbed dose of ionizing radiation. It is defined that, the doses 10-25 kGy is quite sufficient, also for full sterilization of grains.

**Keywords:** grains, barley, mycotoxin, destruction, ionizing radiation.

### **INTRODUCTION**

The ionizing radiation of  $^{60}\text{Co}$  sources have been successfully used for enlarging the shelf life of fruit, vegetables and grains without losses, for improving their properties, for disinfection, pasteurization, sterilization, preservation and conservation of the foodstuff [1–3].

The carcinogenic properties of natural toxins are not less than such properties of anthropogenic xenobiotics. Pollution of foods by bacterial toxins leads to strong food poisoning [4, 5]. About 300 species of derivative metabolites, i.e. mycotoxins synthesized by more than 350 kinds of microscopic fungus are known. Mycotoxins can penetrate into the deeper layers of food. Low concentration of natural toxins can become the poisoning reason.

Synthesized by fungus *Aspergillus* and *Penicillium* the Ochratoxin is characterized by teratogenic properties and doesn’t decay at  $250^{\circ}\text{C}$ . Contamination of foods and forages by ochratoxin can be reason of human and animal poisoning.

The aim of this research work is to explore the destruction of ochratoxin in water solution and damp grains of barley under the influence of ionizing radiation of  $^{60}\text{Co}$ .

### **MATERIALS AND METHODS**

Microorganisms were investigated by using special nutrient mediums of Hi-Media (India) and Condalab (Spain). The enzyme immunoassay testings, LC-MS and LC-MS/MS methods have been used for estimations of mycotoxins [6, 7].

Absorbed in substances ionizing dose rate of radiation from  $^{60}\text{Co}$  sources were 0.33 Gy/s. The studied substances have been irradiated by the doses up to 25 kGy.

## RESULTS AND DISCUSSION

The high concentration of ochratoxin (0.25 mg/kg) has been revealed in damp barley grains. Damp grains of barley (5 and 20% humidity) and water solution of ochratoxin have been irradiated by ionizing radiation.

Numerous information about the sterilization, disinfection, disinsection of the products are known [1–3].

The possibility of radiolytic decomposition of various natural toxins synthesized by *Aspergillus*, i.e. the dependence of ochratoxin's quantity from the absorbed dose has been studied. Decrease of ochratoxin's concentration in water solution and in damp barley grains under the influence of ionizing radiation of  $^{60}\text{Co}$  are presented in the Table 1.

**Table 1.**  
**Radiolytic destruction of ochratoxin in water solution and damp barley grains**

The absorbed dose of $^{60}\text{Co}$ ionizing radiation, kGy	0	1	2.5	10	25
Ochratoxin in barley (5% humidity), mg/kg	0.25	0.18	0.12	0.08	0.05
Ochratoxin in barley (20% humidity), mg/kg	0.25	0.15	0.08	0.03	0
Ochratoxin in water solution, mg/kg	0.25	0.11	0.05	0.01	0

The reduction of *Aspergillus* fungi under the influence of ionizing radiation of  $^{60}\text{Co}$  are shown in the Table 2.

**Table 2.**  
**The reduction of *Aspergillus* fungi under the influence of  $^{60}\text{Co}$  radiation**

The absorbed dose of ionizing radiation, kGy	0	1	2.5	25
The <i>Aspergillus</i> count in 1 g of barley grains	600	1200	740	0

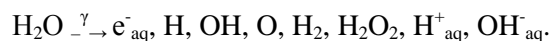
By comparison of the Table 1 and Table 2, it seems that the rate of ochratoxin's destruction is lower than the rate of microorganism death.

The calculation of radiation-chemical yield of ochratoxin's destruction in water solution and in barley grains are presented below:

- 1 kGy of absorbed dose of ionizing radiation is equivalent  $6.241 \times 10^{21}$  eV/kg;
- the concentration of ochratoxin in a water solution decreased from 250  $\mu\text{g}/\text{kg}$  to 110  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , i.e. on 140  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , during absorption of 1 kGy dose, that is equal to decomposition of  $210 \times 10^{15}$  molecules in 1 liter or 1 kg of water (the relative molecular weight of ochratoxin is 400);

- decrease of ochratoxin's concentration equal to 70 and 100 µg/kg during absorption of 1 kGy dose obtained at 5% and 20% humidity of grains, that is equal accordingly to decomposition of  $105 \times 10^{15}$  and  $150 \times 10^{15}$  molecules of ochratoxin in 1 kg of barley grains;
- the calculation of ochratoxin's destruction is possible from the above-stated results at absorption by systems 100 eV energy of ionizing radiation. The values of radiation-chemical yields are equal to  $210 \times 10^{15}$  molecules/kg x  $100 \text{ eV} / 6.241 \times 10^{21} \text{ eV/kg} = 0.34 \times 10^{-2}$  molec./100 eV for water solution,  $0.17 \times 10^{-2}$  and  $0.24 \times 10^{-2}$  molec./100 eV for damp grains (accordingly at 5% and 20% degree of humidity).

These values show to high stability of ochratoxin's molecules. The value of radiation-chemical yield of ochratoxin's destruction in a water solution is 2 and 1.4 times more than in barley grains accordingly at 5% and 20% humidity. This fact specified the formation of  $e^-_{aq}$  at the radiolysis of water solutions and participation of these hydrated electrons in the further destruction of ochratoxin. Radiolysis of water is described by a following equation:



All free-radical products of water solutions ( $e^-_{aq}$ , H, OH, O,  $\text{H}^+_{aq}$ ,  $\text{OH}^-_{aq}$ ) can take part at the destruction of mycotoxin. Insignificantly low quantities of uncarcinogenic compounds (methylcyclopentan, benzoic aldehydes, small fat acids and spirits) have been elicited at the radiolytic sterilization of barley grains.

Existing methods of detoxification (mechanical, chemical and physical/thermal/) are characterized by many deficiencies [8, 9, 10]. The significant destruction of ochratoxin is observed in studied substances under the influence of ionizing radiation of  $^{60}\text{Co}$  source.

The destructions rate of ochratoxin in water solution and in damp barley grains are too low and the values of radiation-chemical yields of ochratoxin's destructions vary in the range  $\approx 0.17 \times 10^{-2} - 0.34 \times 10^{-2} / 100 \text{ eV}$ . But, absorbed dose of ionizing radiation equal to 10-25 kGy, leads to the decrease of any concentration of ochratoxin to the values lower than permitted concentration of ochratoxin in cereals (0.01 mg/kg). Radiolytic destruction, i.e. "radiolytic detoxification" by absorbed doses equal to 10-25 kGy doesn't hold to any negative changes in organoleptic and chemical properties of barley grains.

## CONCLUSION

Absorbed dose of ionizing radiation equal to 10-25 kGy leads to the ochratoxin's destruction in water solution and in polluted barley grains to the values lower than permitted concentration of ochratoxin in cereals.

The method of "radiation detoxification" is more effective than other traditional methods of detoxification. Absorbed dose equal to 10-25 kGy used for "radiation detoxification" are enough also for the full sterilization

References

1. Qaribov A.A. The photolytic and radiolytic sterilization of vegetables infected with atypical Ec-bacteria and the detoxification of forage polluted by dioxine / A.A. Qaribov, Kh.F. Mamedov // Chemical Problems (ISSN 2221-8688). Baku, 2011. – N: 3. – P. 405.
2. Mamedov F. Kh. Radiolytic destruction of natural toxins / F. Kh. Mamedov // International Conference on Applied Physico-Inorganic Chemistry. Sevastopol, 2011. – P. 240.
3. Tape N.W. International Consultative Group on Food Irradiation: Role, achievements, and impact, 1984-88 / N.W. Tape // IAEA Bulletin. Vienna, 1989. – № 1. – P. 35.
4. Khlangwiset P. Costs and efficacy of public health interventions to reduce aflatoxin-induced human disease / P. Khlangwiset, F. Wu // Food Addit. Contam., 2010. – № 27. – P. 998.
5. Anli E. Ochratoxin A and brewing technology: a review / E. Anli, I.M. Alkis // J. Inst. Brew., 2010. – №23. – P. 116.
6. Coker R.D. Apparatus and method for detection and measurement of target compounds such as a food toxin / R.D. Coker, J. Tetteh, M.P. Andreou // European Patent Application, 2 198 274, UK, 2008. – 799254.
7. Xu Y. Development of an immunochromatographic strip test for the rapid detection of deoxynivalenol in wheat and maize / Y. Xu, Z.B. Huang, Q.H. He // Food Chem., 2010. – N: 119. – P. 834.
8. Topcu A. Detoxification of aflatoxin B1 and patulin by *Enterococcus faecium* strains / Topcu A., T. Bulat, R. Wishah, I.H. Boyaci // Int. J. Food Microbiol., 2010. – № 139. – P. 202.
9. Valida S. A method for the detoxification of food products and food raw materials contaminated with aflatoxins / S. Valida, G. Gilli, D. Tartaro // PCT Patent Application, WO 2010/049893. Italy, 2009. – 797601.
10. Duarte S.C. A review on ochratoxin A occurrence and effects of processing of cereal and cereal derived food products / S.C. Duarte, A. Pena, C.M. Lino // Food Microbiol., 2010. – № 27. – P. 187.

**Мамедов Х.Ф. Радиолитическое разложение охратоксина во влажных зернах ячменя / Х.Ф. Мамедов** // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 233-236

Изучено разложения охратоксина во влажных зернах ячменя при облучении их ионизирующим излучением  $^{60}\text{Co}$ . Установлены возможности «радиолитической детоксикации» ячменя при различных степенях влажности зерен и при разных значениях поглощенной дозы ионизирующего излучения. Определены, что поглощенные дозы, равные 10–25 кГр вполне достаточны также для обеспечения полной стерилизации зерен.

**Ключевые слова:** зерна, ячмень, микотоксин, разложение, ионизирующее излучение.

**Мамедов Х.Ф. Радиолітичного розкладання охратоксину у вологих зернах ячменю / Х.Ф. Мамедов** // Вчені записки Таврійського національного університету ім.В.І.Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 233-236.

Вивчено розкладання охратоксину у вологих зернах ячменю при опроміненні їх іонізуючим випромінюванням  $^{60}\text{Co}$ . Встановлено можливості «радіолітичного детоксикації» ячменю при різних ступенях вологості зерен і при різних значеннях поглиненої дози іонізуючого випромінювання. Визначено, що поглинуті дози, рівні 10-25 кГр цілком достатні також для забезпечення повної стерилізації зерен.

**Ключові слова:** зерна, ячмінь, мікотоксин, розкладання, іонізуюче випромінювання.

*Поступила в редакцію 14.05.2012 г.*

**УДК 530-414:547**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИРОДНЫХ КРЕМНЕЗЕМОВ**

*Морозкина Е.В.*

*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского,  
Симферополь, Украина  
E-mail: emorozkina@mail.ru*

Предложен способ химического модифицирования кремнеземистых пород различными классами органических соединений. Имобилизация функциональных групп осуществлена путем активации силанольных группировок на поверхности носителя.

**Ключевые слова:** кремнеземистые породы, химическое модифицирование, силанольные группировки.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Химически модифицированные кремнеземы находят в последнее время все большее применение в качестве стационарных фаз в газовой и высокоэффективной жидкостной хроматографии, гетерогенизации металлокомплексных катализаторов, неорганическом анализе, медицине [1, 2]. Как основа сорбентов природные кремнеземы (опоки, диатомиты) обладают рядом ценных свойств, такими как термическая и радиационная стабильность, высокие кинетические характеристики, низкая набухаемость и даже в естественном виде являются конкурентоспособными искусственным кремнеземам.

В настоящей работе изучена реакционная способность силанольных групп поверхности природного кремнезема (желтой опоки) по отношению к различным классам органических веществ. Нами были использованы кремнийорганические соединения и ряд аминов для придания его поверхности заданных свойств (гидрофобизация, модификация веществами, содержащими комплексообразующие группы, и др.).

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Перед обработкой органическими реагентами все образцы опоки высушивались при температуре 250 °С для полного удаления физически адсорбированной воды, присутствие которой недопустимо при проведении некоторых химических реакций на поверхности. Кроме того, ковалентное закрепление на кремнеземе органических соединений обусловлено преимущественно наличием на его поверхности силанольных групп Si-OH, реакционная способность которых увеличивается после прокаливании при данной температуре. Расчет необходимого количества вещества для модификации образцов проводился на основании имеющихся данных по удельной поверхности

опоки (150 м<sup>2</sup>/г) [3] и положению, при котором на 1 нм<sup>2</sup> находятся 4 ОН-группы [4]. Снятие ИК-спектров проводили на приборе «Spectord-M 80» в специальной термической водоохлаждаемой кювете с контролируемой газовой атмосферой.

Синтез образцов №1 и 2 (табл. 1) осуществлялся по известной методике гидрофобизации синтетических кремнезёмов [5, 6].

Таблица 1.

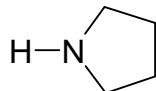
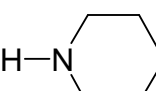
Приготовление образцов № 1, 2

№ образца	Способ модификации	Формула модификатора
1	Гидрофобизацию опоки проводили посредством кипячения образца в колбе с обратным холодильником в течении 3-5 часов в растворе триметилхлорсилана в толуоле (1:4) [5].	Si(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Cl, Ph- CH <sub>3</sub>
2	Гидрофобизацию осуществляли в присутствии 3-го компонента – триэтиламина [5], взятого в качестве ловушки для удаления из сферы реакции хлороводорода. Обработку вели при температуре 40-50 <sup>0</sup> С в течение 5 часов.	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N

Синтез образцов № 3–5 с химически закрепленными на поверхности функциональными группами проводили в два этапа. Вначале образцы были «активированы», при этом связь ≡Si–ОН была заменена на связь ≡Si–Cl, посредством кипячения в растворе хлористого тионила в абсолютном бензоле (4-5 часов) [1, 6]. После промывания от 3 до 5 раз различными растворителями (ацетонитрилом, бензолом, этиловым спиртом) для удаления остатков хлористого тионила и просушивания в воздушной среде (3-5 часов), образцы обрабатывались рядом циклических и алифатических аминов (табл. 2).

Таблица 2.

Приготовление образцов № 3–5

№ образца	Способ модификации	Формула модификатора
3	Обработка цианамидом в ацетонитриле в течение 72 часов, после чего образец промывался ацетонитрилом и высушивался в воздушной среде	H <sub>2</sub> NCN
4	Обработка пирролидином в течение 24 часов, после чего образец промывался абсолютным бензолом и высушивался в воздушной среде	
5	Обработка пиперидином в течение 24 часов, после чего образец промывался абсолютным бензолом и высушивался в воздушной среде	

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений использования органических производных диатомита и опок надо считать их использование в качестве активных наполнителей в органоминеральных композиционных материалах, инертных носителей в хроматографии, сорбентов для сбора нефтепродуктов. В этом случае наилучшие показатели достигаются при достаточной степени гидрофобизации поверхности. Наиболее эффективными гидрофобизаторами являются кремнийорганические соединения.

Осуществлено электрофильное замещение протона силанольной группы на поверхности желтой опоки. Для этого использовался монофункциональный кремнийорганический агент триметилхлорсилан – ТМХС (табл. 2). Выбор данного силирующего агента был обусловлен тем, что монохлорсиланы при прививке не дают дополнительных силанольных групп (отпадает необходимость их «закрытия» гексаметилдисилазаном или другим подходящим силанизирующим агентом) и существенно эффективней экранируют поверхность, снижая количество доступных для воды силанольных групп. Для закрепления ТМХС на поверхности желтой опоки использовались описанные в литературе методики [6] для гидрофобизации искусственных кремнеземов (образцы №1 и 2).

Анализ ИК-спектров модифицированной ТМХС желтой опоки показывает, что в результате обработки опоки ТМХС полностью не исчезает из спектра полоса поглощения при  $3640\text{ см}^{-1}$ , характерная для связанных слабой водородной связью соседних гидроксильных групп и близких к ним по частоте колебаний, менее доступных для адсорбции молекул, внутримолекулярных ОН-групп (рис. 1).

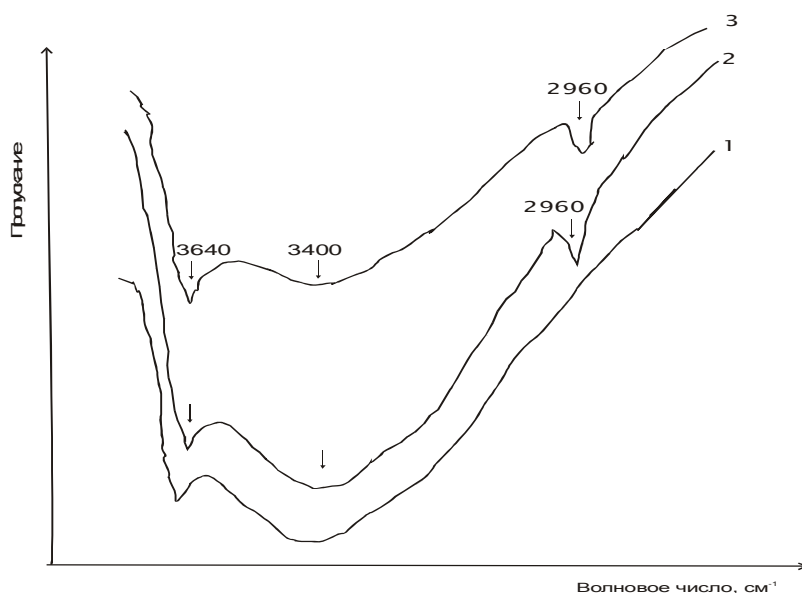
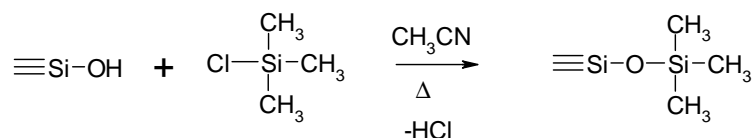
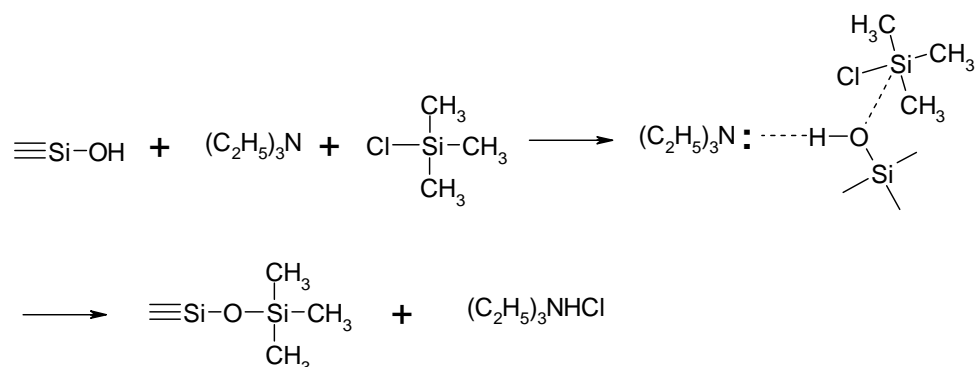


Рис. 1. ИК-спектры исходного образца (1) и образцов №1 (2) и №2 (3).

Это можно объяснить, с одной стороны, экранированием оставшихся на поверхности ОН-групп, а с другой, – присутствием недоступных внутримолекулярных ОН-групп. Установлено [7], что в реакцию с силанами может вступить не более 2,6-2,8 групп/нм<sup>2</sup> ≡Si-OH кремнезема от общего количества 4,8 групп/нм<sup>2</sup>, т.е. около 60 %. Вместе с тем в спектрах образцов №1 и 2 отмечается присутствие новых полос поглощения 2960 и 1450 см<sup>-1</sup>, которые можно отнести к валентным и деформационным колебаниям С-Н-связей метильных радикалов [7]. Исходя из этого, можно предположить, что триметилсилирование поверхности опоки в безводных условиях протекает также как и на искусственном кремнеземе (силикагеле) [5]:



Приготовление обр. № 2 осуществляли в присутствии 3-го компонента – триэтиламина (ТЭА), роль которого сводилась не только к удалению хлороводорода из сферы реакции и смещению равновесия процесса. Как и ряд других электронодоноров (диэтиловый эфир, ацетоны и др.) триэтиламин, участвуя в построение промежуточного комплекса, наряду с ослаблением водородной связи с ≡Si-OH, увеличивают нуклеофильность кислорода, по которому осуществляется атака атома кремния молекулы ТМХС, т.е. действуют каталитически:



Молекулы ТЭА оказывают подобный эффект лишь в том случае, если процесс проводится при температуре не выше 100 0С. При повышении температуры водородные связи разрушаются, и взаимодействие протекает так же как и в отсутствие 3-го компонента [6]. Для изучения состава химически модифицированного кремнезема для образца №1 был проведен элементный анализ (табл. 3).



Таблица 3.

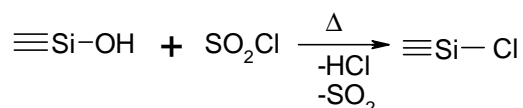
## Элементный анализ образцов исходного и модифицированного ТМХ

Образцы	Содержание, %	
	Углерод	Водород
Исходный	0.65	0.87
Модифицированный ТМХС	0.87	0.69

Представленные данные элементного анализа показали прирост содержания углерода в модифицированном ТМХС образце желтой опоки по сравнению с исходным. Уменьшение содержания водорода в модифицированном образце связано с удалением физически адсорбированной воды.

Таким образом, модифицирование триметилхлорсиланом позволяет связать или экранировать поверхностные  $\equiv\text{Si-OH}$ -группы (но не внутриглобульные, остающиеся недоступными для молекул модификатора). При этом на поверхности образуется слой привитых триметилсилильных групп, обуславливающий гидрофобные свойства поверхности сорбента.

Нуклеофильное замещение гидроксогруппы реализовано посредством взаимодействия  $\equiv\text{Si-OH}$ -групп с хлорирующим агентом (хлористым тионил) согласно реакции:



Хлорирование поверхности желтой опоки сопровождалось замещением гидроксогрупп атомами хлора с образованием реакционноспособных  $\equiv\text{Si-Cl}$ -групп, что подтверждается исчезновением в ИК-спектрах полосы поглощения  $3640\text{ см}^{-1}$  (рис. 2). Полосу поглощения связи  $\equiv\text{Si-Cl}$  не удалось наблюдать, так как она попадает в область интенсивного поглощения кремний-кислородного остова [4, 5].

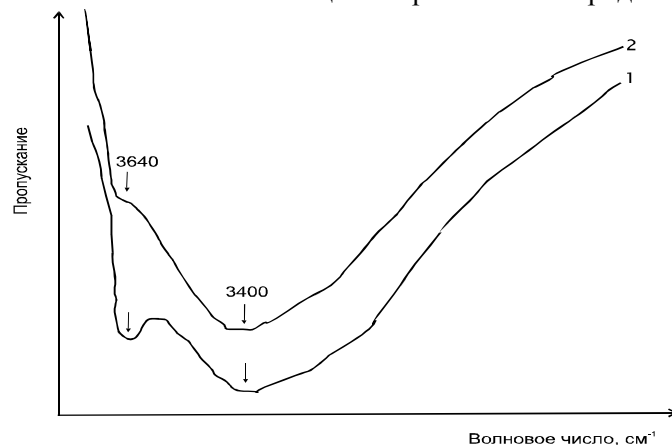
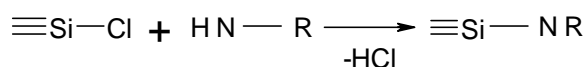


Рис. 2. ИК-спектры исходного (1) и хлорированного (2) образцов опоки.

Изучено взаимодействие хлорированных образцов желтой опоки с рядом алифатических и циклических аминов. Общую схему взаимодействий можно проиллюстрировать следующим образом:



Иммобилизацию на поверхности функциональных групп аминов контролировали с помощью ИК-спектроскопии. Во всех ИК-спектрах образцов наблюдали полосы поглощения при 2940, 2860 и 1450  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 3), характерные для валентных колебаний C-H- и C-C-связей, и широкую полосу поглощения в области валентных колебаний связей N-H ( $3240 \text{ cm}^{-1}$ ), что указывает на протекание реакции.

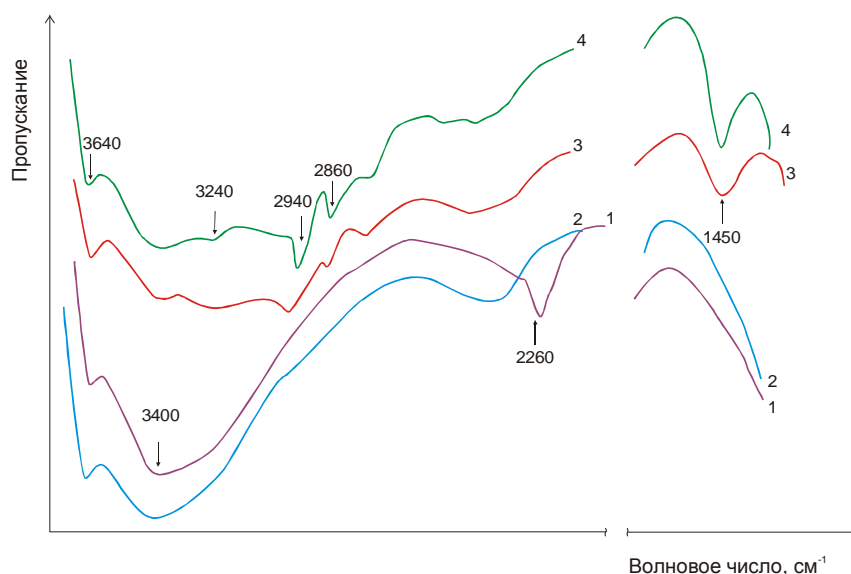
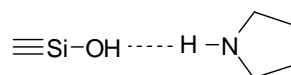


Рис.3. ИК-спектры образцов различных сорбентов: исходного (2); № 3 (1); № 4 (3); № 5 (4).

Данные элементного анализа образцов исходного: %: С 0.65; Н 0.86; N 0.00 и модифицированного пирролидином, %: С 8.37; Н 1.50; N 1.64 показывают увеличение содержания углерода, водорода и азота после химической модификации. Таким образом, обработка аминами приводит к их ковалентному связыванию с хлорированной поверхностью опоки. Следует, однако, отметить, что наряду с хемосорбцией на поверхности и в объеме сорбента имеет место физическая адсорбция, чему может способствовать образование водородной связи между силанольными группами и аминами:



## ВЫВОД

1. Проведенный анализ ИК-спектров силикагеля и желтой опоки позволяет сделать вывод о сходстве строения их силанольного покрова (полосы поглощения в области валентных  $3640$  и  $3400$   $\text{см}^{-1}$  и деформационных  $1600$   $\text{см}^{-1}$  колебаний ОН-групп).
2. Показана возможность модифицирования кремнеземистых пород. Причем, модифицирование осуществляется, как за счет химических реакций, так и за счет физической адсорбции соответствующих аминов.
3. Результаты, полученные при изучении реакционной способности силанольного покрова поверхности опоки, являются основой для создания новых материалов на базе природного кремнезема с заданными физико-химическими свойствами.

## Список литературы

1. Лисичкин Г.В. Модифицированные кремнеземы в сорбции, катализе и хроматографии / Лисичкин Г.В. – М.: Наука, 1986. – 248 с.
2. Кудрявцев Г.В. Сорбция цветных металлов кремнеземами с привитыми органическими соединениями / Г.В. Кудрявцев, Г.В. Лисичкин, В.М. Иванов // Журнал аналитической химии. – 1983. – Т. 39, №1. – С. 22–32.
3. Морозкина Е.В. Исследование текстурных характеристик образцов кремнеземистых пород / Морозкина Е.В., Матерн А.И., Реутова О.А. // Деп. ВИНТИ, 2002. – №19-В2002. – 10 с.
4. Айлер Р.К. Химия кремнезема. / Айлер Р.К. – М.: Мир, 1982. – 1127 с.
5. Тертых В.А. Химические реакции с участием поверхности кремнезема. / В.А. Тертых, Л.А. Белякова– Киев: Наукова думка, 1991. – 264 с.
6. Ходж Ф. Органические реакции с использованием реагентов или субстратов, ковалентно закрепленных на функционализированных неорганических носителях / Ф. Ходж // Журн. Всер. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. – 1989. – Т.34, №3. – С. 331–340.
7. Фадеев А.Ю., Ерошенко В.А. Гидрофобные и супергидрофобные химически модифицированные пористые кремнеземы: получение и исследование их смачивания водой / А.Ю. Фадеев, В.А. Ерошенко // Росс. Хим. журн. – 1995. – Т. 39. – С. 93-103.

**Морозкина Е.В. Вивчення реакційної здатності поверхні природних кремнеземів / Е.В. Морозкина // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25(64), № 2. – С. 237-243.**

Запропонований засіб хімічного модифікування кремнеземних порід різними класами органічних сполук. Імобілізація функціональних груп здійснена шляхом активації силанольних угруповань на поверхні носія.

**Ключові слова:** кремнеземні породи, хімічне модифікування, силанольні угруповання.

**Morozkina E.V. The study of reactivity of silicium dioxide surface / E.V. Morozkina // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 237-243.**  
A method for chemical modification of siliceous rocks of various classes of organic compounds is proposed. Immobilization of functional groups carried by the activation of silanol groups on the surface of the carrier.

**Keywords:** siliceous rocks, chemical modification, silanol groups.

*Поступила в редакцію 14.05.2012 г.*

УДК 616.31-089:616.6:611-018.4:615.21:616-092.9

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭТИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА, ВЫЗЫВАЮЩЕГО  
«ВИНТОВЫЕ ОСТЕОМИЛИТЫ», И ОЦЕНКА ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА  
КОСТНУЮ ТКАНЬ И МОЧЕВИДЕЛИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ  
ЛАБОРАТОРНЫХ БЕЛЫХ КРЫС**

*Мостовой С.О.<sup>1</sup>, Остапенко О.В.<sup>2</sup>, Шульгин В.Ф.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского,  
Симферополь, Украина*

<sup>2</sup>*Национальный медицинский университет им. А.А.Богомольца, Киев, Украина*

<sup>3</sup>*Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: vshul@crimea.edu*

Изучено действие на костную ткань и мочевыделительную систему лабораторных крыс ненаркотического аналога психотропного препарата "первитин" суррогатного производства. Высказано предположение о фосфонатной природе наблюдаемых поражений.

**Ключевые слова:** первитин, фосфонаты, остеомиелиты.

**ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы заметно возросло число обращений в челюстно-лицевые отделения пациентов с нетипичными формами воспалительных заболеваний челюстей. При этом основную массу пациентов составляют лица, употребляющие психотропный препарат суррогатного производства - "винт" (суррогатный "первитин"). Данной проблеме посвящено достаточное количество публикаций [1-3], авторы которых обычно связывают причину возникновения данного поражения с воздействием красного фосфора, не учитывая, что он используется в качестве реагента при получении первинтина, но сам по себе является малоактивным веществом, поскольку практически не растворим в воде и биологических жидкостях. В то же время течение заболеваний у данных пациентов имеет явно выраженное сходство с клинической картиной поражений нижних челюстей при длительной терапии с использованием препаратов класса бифосфонатов [4]. Это позволяет высказать предположение, что механизм поражения челюстей у наркоманов связан с воздействием побочных фосфорсодержащих продуктов, образующихся в процессе кустарного приготовления психотропных препаратов с использованием красного фосфора.

**Целью данного исследования** является идентификация побочных продуктов, которые могут образовываться в процессе суррогатного приготовления первинтина, и изучение их воздействия на биологические объекты. В качестве модельной реакции было изучено взаимодействие (RS)-1-изопропиламино-3-(1-нафтокси)-2-пропанола (действующее вещество лекарственного препарата "анаприлин"), не обладающего

психотропными свойствами, с иодидом фосфора(III). Реакция проводилась в безводной среде, максимально благоприятствующей протеканию побочных процессов.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

(RS)-1-изопропиламино-3-(1-нафтокси)-2-пропанол извлечен из лекарственного препарата анаприлин.

Исследуемый препарат приготовлен по следующей методике. К суспензии, содержащей 13,00 г (0,05 моля) 1-изопропиламино-3-(1-нафтокси)-2-пропанола и 1,55 г (0,05 моля) красного фосфора в 50 мл бензола, нагретой до кипения, мелкими порциями при энергичном перемешивании добавляли 19,05 г (0,075 моль) кристаллического йода. Полученную смесь кипятили 1 час при перемешивании на магнитной мешалке, после чего бензол отгоняли при нагревании на водяной бане. Остаток нейтрализовали 10 % раствором соды и обрабатывали тиосульфатом натрия для удаления остатков йода. Выделившееся масло отделяли от раствора, промывали водой и экстрагировали хлороформом. Полученный раствор сушили хлористым кальцием, загружали в колонку, заполненную силикагелем (100 - 200 мкм) и промывали колонку хлороформом ( $\approx$  350 мл). Затем элюировали вещество 96 %-ным этиловым спиртом. Полученный раствор ( $\approx$  100 мл) упаривали досуха. В остатке получили 6,25 г воскоподобного вещества оранжевого цвета, медленно кристаллизующегося при стоянии. Вещество не растворимо в воде и неполярных органических растворителях, хорошо растворимо в спирте. Для эксперимента был использован раствор исследуемого препарата в 50 %-ном водном этаноле с концентрацией 10 мг/мл.

Содержание фосфора определено в аналитической лаборатории Института органической химии НАН Украины (г. Киев). Найдено,  $\omega_p(\%)$ : 3,74 и 3,41.

Спектры ПМР записаны на спектрометре Bruker VXR-400 (400 МГц), внутренний стандарт -  $\text{Me}_4\text{Si}$ , растворитель –  $\text{DMSO-d}_6$ .

Биологический эксперимент был проведен на 10 лабораторных белых крысах массой 180-200 г, которым на протяжении одного месяца ежедневно внутрижелудочно вводили исследуемый препарат из расчёта 70 мг/кг. Доза подбиралась, с учетом пероральной дозы, используемой наркозависимыми лицами, которая доходит до 700 мг в сутки [5].

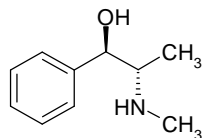
Животных выводили из эксперимента путём декапитации на 30 сутки. Исследовались бедренные кости и правая почка (выбор органов обусловлен их наибольшей чувствительностью к бифосфонатной терапии). Материал фиксировали в 10 % нейтральном формалине. Декальцинацию бедренных костей проводили в 5 % растворе муравьиной кислоты, обезвоживали в спиртах восходящей концентрации и заливали в парафиновые блоки. Готовили послойно микроскопические срезы толщиной 6-8 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином, а также по Ван Гизону.

Изучение микросрезов проводили на цитоморфометрическом комплексе, состоящем из микроскопа "Олимпус" – CX 31 и цифровой видеокамеры "Олимпус" - C 5050 ZOOM с объективами микроскопа Plan 4x/0,10 и Plan 40x/0,65. Проводили качественную оценку степени поражения исследуемых тканей.

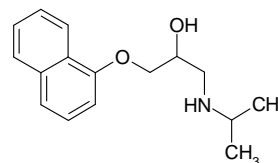
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### Синтез и анализ исследуемого препарата

Анаприлин является отдаленным структурным аналогом эфедрина, который используется для суррогатного приготовления психотропных препаратов.

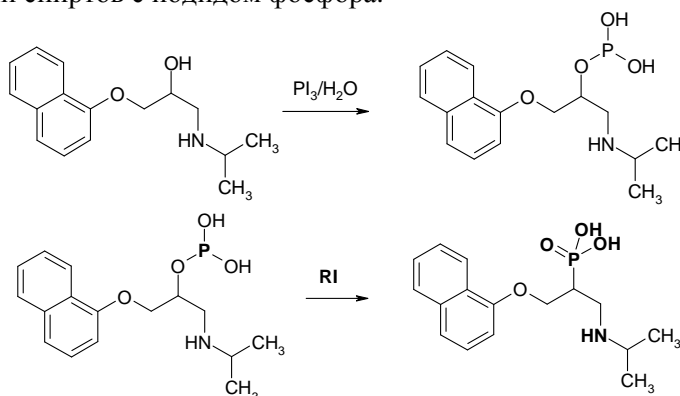


Эфедрин



Анаприлин

При восстановлении эфедрина йодистым водородом, который генерируется при взаимодействии красного фосфора с йодом в присутствии воды, возможно протекание ряда процессов, приводящих к образованию побочных продуктов, в том числе и аминоксидов – структурных аналогов бифосфонатов. Ключевой стадией данного процесса является перегруппировка Арбузова [6], переводящая фосфиты в фосфонаты. Для протекания данного превращения достаточно образования каталитических количеств иодалканов, которые легко получают при взаимодействии спиртов с иодидом фосфора.



Невысокое содержание фосфора в исследуемом препарате свидетельствует о том, что соотношение органический радикал – фосфор может достигать 3 к 1. В этом случае содержание фосфора приближается к 4,0 масс. %.

Спектр ПМР анаприлина (рис. 1) полностью согласуется с его структурой. Так, в области 7,0 – 8,5 м.д. наблюдаются сигналы от семи ароматических протонов с расщеплением, характерным для 1-замещенного нафталинового цикла. В области 1,0 – 4,0 м.д. регистрируются сигналы от 12 алифатических протонов, из которых наиболее интенсивным является сигнал в области 0,95 – 1,00 м.д., расщепленный в дублет дублетов за счет спин-спинового взаимодействия протонов двух метильных групп с третичным протоном изопропильной группы и одиночным протоном вторичной аминогруппы (рис. 2).

Спектр ПМР исследуемого препарата имеет сложный вид (рис. 3) и не поддается однозначной интерпретации, что свидетельствует об образовании смеси веществ. Сопоставление интенсивности сигналов в области 6,5 – 7,0 м.д. указывает на наличие как минимум трех веществ в соотношении 0,1:0,6:1,0. О таком же соотношении компонентов свидетельствует соотношение интегральной интенсивности сигналов в области поглощения протонов  $\text{CH}_3$ -групп (рис. 4).

Наличие сигналов в области полей, характерных как для ароматических, так и для алифатических протонов, свидетельствует о сохранении углеродного скелета анаприлина во всех продуктах реакции. В то же время в спектре не проявляются сигналы подвижных протонов гидроксильной и вторичной аминогруппы, что с одной стороны может свидетельствовать об их фосфорилировании, а с другой стороны, может быть вызвано наличием в составе продуктов реакции кислотных функциональных групп, например, таких как Р-ОН.

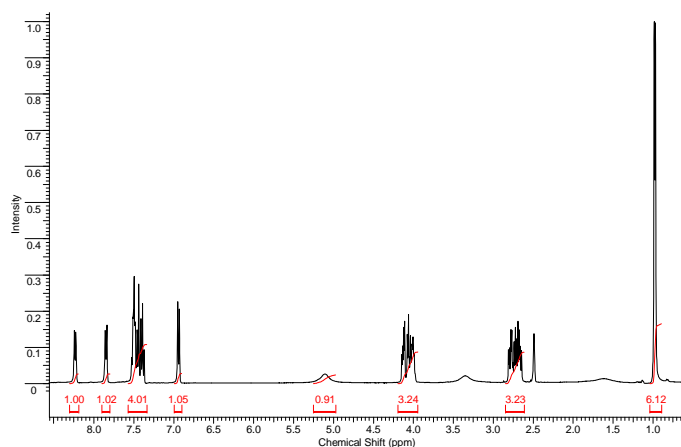


Рис. 1. Спектр ПМР анаприлина.

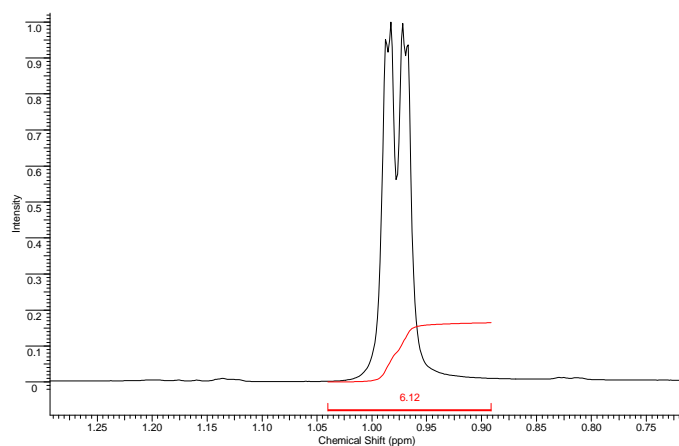


Рис. 2. Фрагмент спектра ПМР анаприлина в области поглощения метильных групп.

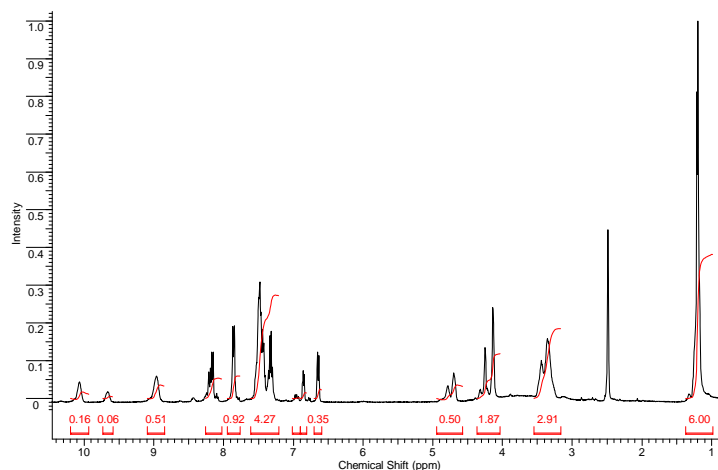


Рис. 3. Спектр ПМР исследуемого препарата.

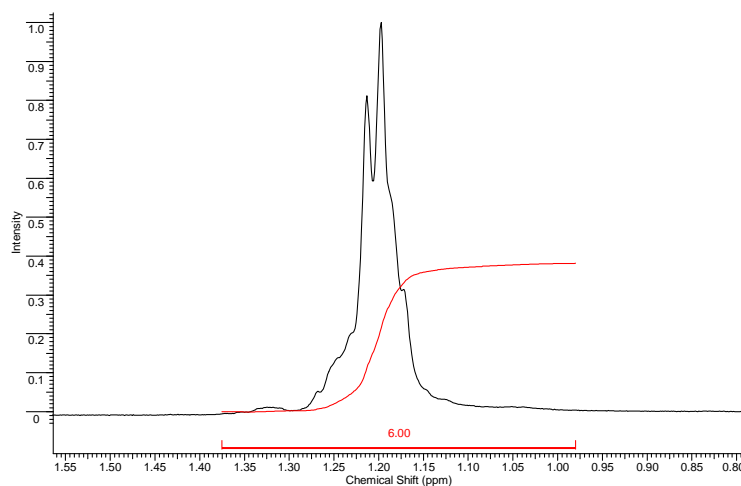


Рис. 4. Фрагмент спектра ПМР исследуемого препарата в области поглощения метильных групп.

### Результаты биологического исследования препаратов

#### *Изменения метафизарной пластинки*

Исследуемая метафизарная пластинка (рис. 5) характеризуется неравномерной толщиной, нарушением непрерывности и утратой зональности. Частично или полностью отсутствуют такие зоны, как зоны индифферентных, пролиферирующих дефинитивных и индифферентных хондроцитов, зона деструкции и первичного остеогенеза. Клеточный хондробластический пул метафиза представлен гипертрофированными и пузырчатými клетками.

Наличие по всей исследуемой поверхности метафизарной пластинки тонких первичных оксифильных трабекул (формирующих в отдельных участках



костномозговые полости), островков остеогенеза, локально располагающихся остаточных циркулярных островков минерализующегося хряща с характерной базофилией, окружённых пластинчатой костной тканью, свидетельствует в пользу «смешанного хряще-костного состояния» метафизарной пластинки [7].

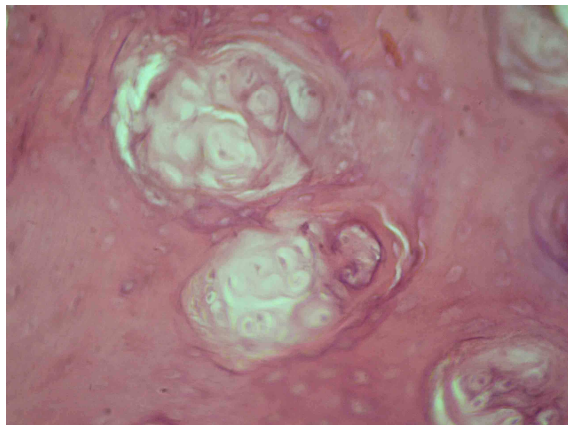


Рис. 5. Циркулярные участки хряща, окружённые пластинчатой костной тканью (окраска гематоксилин-эозин, Увеличение 15x40).

#### *Изменения почечных структур*

Отмечается увеличение размеров большинства клубочков, как интактных, так и поврежденных. Преобладают гипертрофированные за счет полнокровия капиллярных петель клубочки, единичны ишемизированные клубочки с признаками сморщивания и гиалиноза (рис.6А). Большинство клубочков характеризуется диффузным утолщением базальной мембраны. В отдельных клубочках сосуды смещены к одному из полюсов (синехии капилляров с капсулой клубочка) и перекрывают пространство капсулы Шумлянско-Боумана. Капиллярные петли заполняют значительную часть мочевого просвета, в нем определяется отложение гомогенной эозинофильной массы. Вышеперечисленные патоморфологические изменения являются характерными признаками первой стадии фокально-сегментарного гломерулосклероза (ФСГС), стадии начальных морфологических изменений [8, 9], (рис.6Б). Признаки токсического воздействия определяются и в системе канальцев в виде неравномерного их расширения и состояния эпителия, в котором определяются признаки зернистой и гидропической дистрофии. Просвет канальцев перекрывается за счет отека эпителиоцитов. В просвете отдельных канальцев присутствуют зернистые цилиндры, что говорит о тубулоинтерстициальном повреждении, в частности об остром тубулярном некрозе. [9,10]. Наряду с тубулопатией отдельных нефронов отмечается незначительные нарушения сосудистой системы органа. В мозговом веществе почки обнаруживаются очаговые полнокровные сети кровеносных капилляров, окружающих почечные канальцы, визуализируются отдельные участки кровоизлияний.

Таким образом, для данной садии ФСГГ характерны фокальные изменения клубочков с умеренным повреждением тубулоинтерстициального компонента, выраженной почечной недостаточности это позволяет предположить фосфонатную природу повреждения что характерно для других препаратов фосфонатной группы (бифосфонатов), воздействие которых на организм также приводит к возникновению колапсирующей гломерулопатии одной из форм вторичного фокально-сегментарного гломерулосклероза (ФСГС) [11,12].

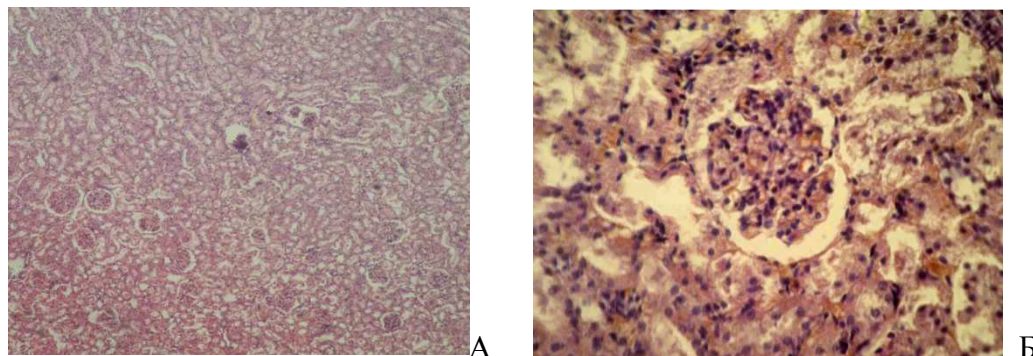


Рис. 6. А - Паренхима почки, содержащая нефроны с различной степенью структурных нарушений. Окраска гематоксилин-эозин, увеличение 12,5х10.

Б. - Почечное тельце с признаками токсического повреждения. Окраска гематоксилин-эозин, увеличение 12,5 х40.

### **ВЫВОД**

На основании результатов изучения химической природы исследуемого препарата и его индентификации как вещества фосфонатной природы, а так же выраженного оссифицирующего действия и наличия нефротоксического эффекта, которые проявляются при передозировке бифосфонатов, возникающие «винтовые остеомиэлиты» с высокой долей вероятности можно отнести к фосфонатным остеонекрозам челюстных костей

### **Список литературы**

1. Иващенко А.Л. Современные аспекты этиопатогенеза. Клинической картины и лечения остеомиэлитов челюстей у пациентов с наркотической зависимостью и вич-инфекцией / А.Л. Иващенко, И.Н. Матрос-Таранец, А.С. Прилуцкий // Питання експериментальної та клінічної медицини. – 2009. – Т 1, № 13. – С. 213–219.
2. Тимофеев А.А. Фосфорный некроз челюстей у наркозависимых больных, употребляющих суррогатный психостимулятор «Винт» / А.А. Тимофеев, И.Г. Лесова // Современная стоматология. – 2009. – № 5. – С. 94– 98.
3. Тимофеев А.А. Клиническое течение гнойно-воспалительных заболеваний челюстей и мягких тканей челюстно-лицевой области у больных, употребляющих наркотик «Винт» / А.А. Тимофеев, А.В. Дакал // Современная стоматология. – 2010. – № 1. – С. 96–102.
4. Marx R.E. Bisphosphonate-Induced Exposed Bone (Osteonecrosis/Osteopetrosis) of the Jaws: Risk Factors, Recognition, Prevention, and Treatment / R.E. Marx, M. Fortin, V. Broumand // Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2005. – Vol. 63. – P. 1567–1575.

5. Врублевский А.Г. Наркомании и токсикомании: Клинические формы наркоманий токсикоманий / А.Г. Врублевский // Лекции по наркологии [под. ред. Н.Н. Иванца] - М.: Медицина. – 2000. – 241 с.
6. Вацуро К.В. Именные реакции в органической химии / К.В. Вацуро, Г.Л. Мищенко. – М.: Химия. – 1976. – 528 с.
7. Некачалов В.В. Патология костей и суставов. Руководство / В.В. Некачалов // - С-Пб.: Сотис - 2000. - С. 266–271.
8. Джаналиев Б.Р. Клинико-морфологическая характеристика фокального сегментарного гломерулосклероза/гиалиноза / Б.Р. Джаналиев, В.А. Варшавский, Е.П. Проскурнева // Нефрология и диализ.– 2002.– Т. 4, №1. – С. 1–12.
9. Nagai C. A case of collapsing variant of FSGS. / C. Nagai, S. Yokota, Y. Kido et al. // Nippon Jinzo Gakkai Shi Feb.– 2000.– Vol. 42(2).– P. 47– 52.
10. Петросян Э.К. Фокально-сегментарный гломерулосклероз – этиопатогенетические, клинические и морфологические особенности / Э.К. Петросян // Педиатрия. - 2007. – Т. 86, № 3. – С. 129–132.
11. Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease / V. Kumar, N. Fausto, A. Abbas [et al.] // Saunders Edition. – 2003.– P. 982–983.
12. Perazella M.A. Bisphosphonate nephrotoxicity / A.M. Perazella and G.S. Markowitz // International Society of Nephrology. Kidney International.– 2008.– P. 1–9.

**Мостовий С.О. Ідентифікація етіологічного фактору, що спричиняє «гвинтові остеомиєліти», та оцінка його дії на кісткову тканину і сечотворну систему лабораторних білих щурів / С.О. Мостовий, О.В. Остапенко, В.Ф. Шул'гін // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 244-251.**

Досліджено дію на кісткову тканину і сечотворну систему лабораторних щурів ненаркотичного аналогу психотропного препарату "первітин" сурогатного виробництва. Зроблено припущення про фосфонатну природу уражень, що спостерігаються.

**Ключові слова:** первітин, фосфонати, остеомиєліти.

**Mostovoy S.O. Authentication of the etiologic factor, that defiant "Screw Osteomyelitis" and estimation of its affecting on bone fabric and uric system of laboratory white rats / S.O. Mostovoy, O.V. Ostapenco, V.F. Shul'gin // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 244-251.**

The unnarcotic analogue of psychotropic preparation "pervitin" of substitute production action on the bone fabric and urea system of laboratory rats has been investigated. Supposition about phosphonate nature of the looked hurts was outspoken.

**Keywords:** pervitin, phosphonates, osteomyelitis.

*Поступила в редакцію 18.05.2012 г.*

УДК 548.736:546.47:54.057

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КООРДИНАЦИОННОГО ПОЛИМЕРА ХЛОРИДА ЦИНКА С 4,4,10,10-ТЕТРАМЕТИЛ-1,3,7,9-ТЕТРААЗОСПИРО[5.5]УНДЕКАН-2,8- ДИОНОМ (СПИРОКАРБОНОМ – Sk)

*Нетреба Е.Е., Федоренко А.М.*

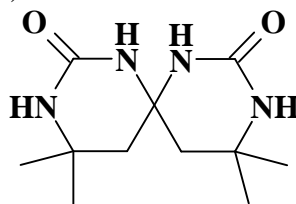
*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: evgtnu@gmail.com*

Впервые синтезирован координационный полимер  $\{[\text{ZnCl}_2(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)]\}_n$  и определена его структура. Кристаллы моноклинные: пр. гр.  $P2_1$ ,  $a = 6,2121(17) \text{ \AA}$ ,  $b = 11,276(3) \text{ \AA}$ ,  $c = 11,387(3) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 94,99(3)^\circ$ ,  $V = 794,6(3) \text{ \AA}^3$ ,  $d_{\text{выч}} = 1,574 \text{ г/см}^3$ ,  $Z = 2$ . Координационный полиэдр цинка представляет собой тетраэдр в вершинах которого расположены два атома хлора и карбонильные атомы кислорода O1 и O2 двух молекул органического лиганда связанных между собой операцией симметрии  $[2-z, 1/2+y, 2-z]$ . Валентные углы, центрированные на атоме цинка варьируются в диапазоне  $101.05(12)$ - $122.13(9)^\circ$ . Расстояние  $\text{Zn}\dots\text{Zn}$  в полимере составляет  $9,48 \text{ \AA}$ . Молекулы в координационных полимерах дополнительно связаны между собой межмолекулярными водородными связями  $\text{N2-H2}\dots\text{O2}^{\text{i}}$  [i:  $2-x, 1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{O} 2,17 \text{ \AA}$ ,  $\text{N-H}\dots\text{O} 147^\circ$ ) и  $\text{N4-H4}\dots\text{Cl2}^{\text{ii}}$  [ii:  $1-x, -1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{Cl} 2,48 \text{ \AA}$ ,  $\text{N-H}\dots\text{Cl} 159^\circ$ ). Цепочки связаны в слое вдоль плоскости  $(0\ 0\ 1)$  межмолекулярными водородными связями  $\text{N1-H1}\dots\text{Cl1}^{\text{iii}}$  [iii:  $1-x, -1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{Cl} 2,78 \text{ \AA}$ ,  $\text{N-H}\dots\text{Cl} 148^\circ$ ).

**Ключевые слова:** цинк(II), спирокарбон, координационный полимер, структура, PCA.

### ВВЕДЕНИЕ

Координационные полимеры с лигандами в виде циклических спиروبисмочевин, относятся к классу практически не изученных веществ. Одним из таких лигандов является 4,4,10,10-тетраметил-1,3,7,9-тетра-азоспиро[5.5]ундекан-2,8-дион, или спирокарбон (Sk):



Данное вещество, как предшественник мочевины обладает рядом ценных биологических свойств: низкий уровень токсичности,  $\text{LD}_{50} = 3000 \text{ мг/кг}$  [1], проявляет мембранотропность [2], способно проходить и накапливаться в цитоплазме лейкозных клеток линий L1210 и СЕМ-Т4, мыши и человека соответственно [3]. Так же оно способствует повышению количества белка и

снижению крахмалистости в зерне овса [4]. В работе [5] доказана эффективность применения спирокарбона, как стимулятора каллюсообразования у Форзиции европейской, и стимулятора корнеобразования у Чубушника венечного. Автор Козычар М.В. в работе [6] показывает эффективность применения спирокарбона, как стимулятора роста и развития в овцеводстве. Поэтому получение и изучения координационных соединений данного лиганда позволит, пояснит более полно химизм взаимодействия Sk с ионами металлов, позволит предполагать его биохимические особенности в условиях *in vitro* и *in vivo*, а также получить вещества с новыми ценными свойствами для различных сфер.

Цель настоящей работы – получение координационного полимера хлорида цинка с молекулами спирокарбона -  $[\text{ZnCl}_2(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)]_n$  (I) и определение его структуры.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

**Синтез.** Для получения I использовали безводный  $\text{ZnCl}_2$  («х.ч.»), 4,4,10,10-тетраметил-1,3,7,9-тетраазоспиро[5.5]ундекан-2,8-дион (спирокарбон – Sk), полученный по методике [7] и ацетон («осч.»). Для этого 1,2 г (8,8 ммоль) хлорида цинка растворяли в 10 мл ацетона, затем вносили 1,49 г (6,2 ммоль) спирокарбона и 5-10 минут перемешивали на магнитной мешалке. Полученный раствор фильтровали, и выдерживали несколько часов до испарения 1/3 растворителя и формирования кристаллов. Выделившиеся кристаллы белого цвета отфильтровывали, промывали ацетоном и сушили на воздухе. Выход по лиганду ~ 93%.

Элементный анализ для определения C, H, N проведен по методикам [8].

Найдено, %: C 35,12; H 5,96; N 14,51.

Для  $[\text{ZnCl}_2(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)]_n$   
вычислено, % C 35,08; H 5,35; N 14,88.

ИК-спектры исходных реагентов и синтезированного координационного полимера I записывались на спектрофотометре Specord-75IR в области 400-4000  $\text{cm}^{-1}$  (суспензия в вазелиновом масле).

**РСА.** Экспериментальные данные для монокристаллов I получены на автоматическом четырехкружном дифрактометре «Xcalibur 3». Структура расшифрована прямым методом по комплексу программ SHELX-97 [9]. Положения атомов водорода рассчитаны геометрически и уточнены по модели наездника с  $U_{\text{изо}}=nU_{\text{эkv}}$  несущего атома ( $n=1,5$  для воды и метильных групп,  $n=1,2$  для остальных атомов водорода). Структура уточнена по  $F^2$  полноматричным МНК в анизотропном приближении для неводородных атомов до  $wR_2 = 0,102$  по 2859 отражениям ( $R_1 = 0,053$  по 2228 отражениям с  $F > 4\sigma(F)$ ,  $S = 0,99$ ).

Основные характеристики эксперимента и параметры элементарной ячейки приведены в табл. 1. Координаты атомов и другие параметры структуры I депонированы в Кембриджском банке структурных данных (CCDC № 877812).

Таблица 1.  
Основные кристаллографические данные и характеристики эксперимента для структуры I

Параметры	Значения	Параметры	Значения
$M_r$	376,58	$\mu(\text{MoK}\alpha)$ , $\text{мм}^{-1}$	1,887
Сингония	Моноклинная	$F(000)$	388
Пр. гр.	$P2_1$	Температура съемки, К	298
Параметры ячейки:		Излучение ( $\lambda$ , Å)	MoK $\alpha$ , графитовый монохроматор
$a$ , Å	6,2121(17)	Тип сканирования	$\omega$
$b$ , Å	11,276(3)	$2\theta_{\text{макс}}$ °	57,58
$c$ , Å	11,387(3)	R-фактор, %	5,3
$\beta$ , °	94,99(3)	Общее число отражений/независимых	4950 / 2859
$V$ , Å <sup>3</sup>	794,6(3)	Число отражений с $F > 4\sigma(F)$ , $S = 0.99$	( $R_{\text{int}} = 0,058$ )
$Z$	2	R (все данные)	$R_1 = 0,053$ , $wR_2 = 0,102$
$d_{\text{выч}}$ , г/см <sup>3</sup>	1,574		

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ИК-спектрах соединения I и лиганда наблюдаются следующие полосы, табл. 2:

Таблица 2.  
Основные полосы поглощения для лиганда Sk и полученного соединения I

$\nu$ , $\text{см}^{-1}$	Sk·H <sub>2</sub> O	Соединение I
$\nu_s(\text{H-O-H})$ , $\nu_{as}(\text{H-O-H})$	3480	-
$\nu_s(\text{N-H})$ , $\nu_{as}(\text{N-H})$	3320, 3280, 3180 3050	3300
$\nu(\text{C=O, амид I})$	1640	1620
$\nu(\text{C-N}) + \delta(\text{CH}_3)$	1450, 1415	1460, 1410
$\nu_{as}(\text{C-O}) + \delta(\text{C-H})$	1250, 1210, 1120	1260, 1190
$\nu_\gamma$ (скелетные колебания кольца), $\gamma(-\text{CH}_2-)$ и $\delta(=\text{C-H})$	1090, 1010, 820, 770, 750, 620	1010, 950, 840, 750, 630, 600
$\delta$ (амид III) + $\pi(\text{C=O, выход из плоскости цикла})$	590	560
$\delta_\gamma$ (скелетные колебания кольца)	490	500

Как видно при сравнении валентных колебаний  $\nu(\text{C=O, амид I})$  происходит смещение на  $20 \text{ см}^{-1}$  в дальнюю область из-за координирования, так же смещение в

ближнюю область  $\nu_s(\text{N-H})$ ,  $\nu_{as}(\text{N-H})$ , что характерно для аминогрупп при координированном карбониле [10]. На спектре отсутствует полоса поглощения  $\nu(\text{H-O-H})$ , что свидетельствует об отсутствии воды в исследуемом **I**.

Соединение **I** представляет собой кристаллит координационного полимера  $\{[\text{ZnCl}_2(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)]\}_n$ . Координационный полиэдр цинка представляет собой тетраэдр в вершинах которого расположены два атома хлора и карбонильные атомы кислорода O1 и O2 двух молекул органического лиганда связанных между собой операцией симметрии  $[2-z, 1/2+y, 2-z]$ . Валентные углы, центрированные на атоме цинка варьируются в диапазоне  $101,05(12)$ - $122,13(9)^\circ$ . Расстояние  $\text{Zn}\dots\text{Zn}$  в полимере составляет  $9,48 \text{ \AA}$  (рис. 1, табл. 3-4). Шестичленные гетероциклы находятся в конформации асимметричное полукресло с заметно скрученными фрагментами N2-C1-N1-C4 и N4-C7-N3-C4 (торсионные углы  $21,4(10)^\circ$  и  $22,4(10)^\circ$ ) и отклонениями атомов C2, C3 и C8, C9 от средних плоскостей этих фрагментов на  $-0,41(1) \text{ \AA}$ ,  $0,26(1) \text{ \AA}$  и  $0,45(1) \text{ \AA}$ ,  $-0,22(1) \text{ \AA}$ , соответственно. При этом не наблюдается возникновения укороченных внутримолекулярных контактов между метиленовой и метильной группами двух циклов. Связи C-O заметно удлинены до  $1,27 \text{ \AA}$  по сравнению со средним значением для мочевины  $1,24 \text{ \AA}$  [11] вследствие координации на атом металла. Интересно отметить, что не наблюдается более сильного сопряжения карбонильной группы с одним из атомов азота мочевинового фрагмента, о чем свидетельствует близость длин связей  $\text{N-C}(=\text{O})$   $1,328(8)$ - $1,344(8) \text{ \AA}$ .

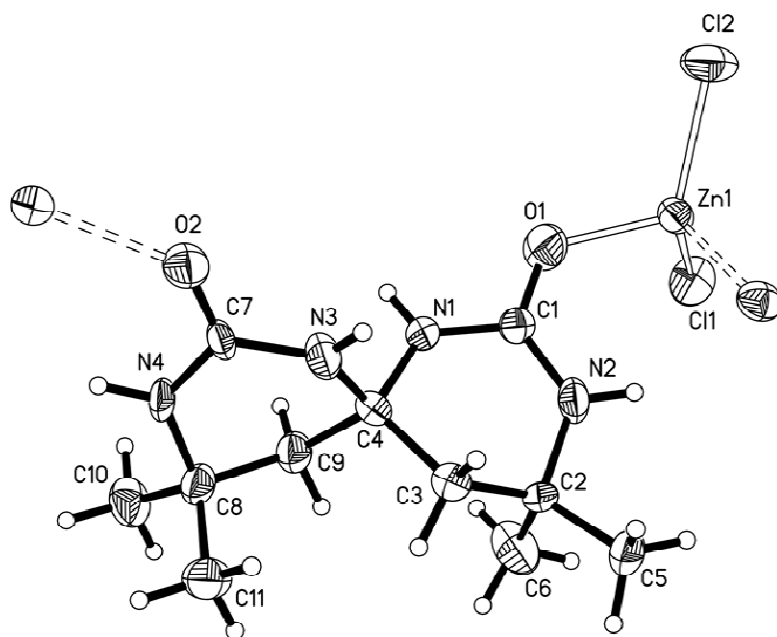


Рис. 1. Структура соединения **I** по данным рентгеноструктурного исследования.

Молекулы в координационных полимерах дополнительно связаны между собой межмолекулярными водородными связями  $\text{N2-H2}\dots\text{O2}^i$  [ $i: 2-x, 1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{O}$

2,17Å, N-H...O 147°) и N4-N4...Cl2<sup>ii</sup> [ii: 1-x, -1/2+y, 2-z] (H...Cl 2,48Å, N-H...Cl 159°). Цепочки связаны в слои вдоль плоскости (0 0 1) межмолекулярными водородными связями N1-N1...Cl1<sup>iii</sup> [iii: 1-x, -1/2+y, 2-z] (H...Cl 2,78 Å, N-H...Cl 148°) (рис. 2).

Таблица 3.

Длины связей (Å) в структуре I

Связь	Длина, Å	Связь	Длина, Å	Связь	Длина, Å
Zn1-Cl1	2,2165(18)	N1-C4	1,468(8)	C2-C5	1,519(9)
Zn1-Cl2	2,223(2)	N2-C1	1,328(8)	C2-C6	1,511(8)
Zn1-O1	1,979(5)	N2-C2	1,486(8)	C3-C4	1,544(10)
Zn1-O2 <sup>1</sup>	2,028(4)	N3-C4	1,478(8)	C4-C9	1,555(9)
O1-C1	1,273(8)	N3-C7	1,331(8)	C8-C9	1,523(9)
O2-Zn1 <sup>2</sup>	2,028(4)	N4-C7	1,329(7)	C8-C10	1,510(8)
O2-C7	1,273(7)	N4-C8	1,470(7)	C8-C11	1,515(9)
N1-C1	1,344(8)	C2-C3	1,523(9)		

Операции симметрии: <sup>1</sup>[2-x, 1/2+y, 2-z]; <sup>2</sup>[2-x, -1/2+y, 2-z].

Таблица 4.

Валентные углы (град.) в структуре I

Фрагмент	Угол, °	Фрагмент	Угол, °
Cl1-Zn1-Cl2	122,13(9)	C6-C2-C3	115,4(6)
O1-Zn1-Cl1	105,20(15)	C6-C2-C5	110,2(6)
O1-Zn1-Cl2	112,42(15)	C2-C3-C4	116,1(5)
O1-Zn1-O2 <sup>1</sup>	103,52(19)	N1-C4-N3	107,2(5)
O2 <sup>1</sup> -Zn1-Cl1	101,05(12)	N1-C4-C3	108,7(5)
O2 <sup>1</sup> -Zn1-Cl2	110,50(13)	N1-C4-C9	107,7(5)
C1-O1-Zn1	126,0(4)	N3-C4-C3	108,4(5)
C7-O2-Zn1 <sup>2</sup>	130,9(4)	N3-C4-C9	108,6(5)
C1-N1-C4	126,5(6)	C3-C4-C9	116,0(5)
C1-N2-C2	124,0(6)	O2-C7-N3	119,1(6)
C7-N3-C4	126,1(5)	O2-C7-N4	122,2(6)
C7-N4-C8	123,8(5)	N4-C7-N3	118,5(5)
O1-C1-N1	117,8(6)	N4-C8-C9	106,5(5)
O1-C1-N2	124,1(7)	N4-C8-C10	109,3(5)
N2-C1-N1	118,1(7)	N4-C8-C11	108,7(5)
N2-C2-C3	106,0(5)	C10-C8-C9	109,0(6)
N2-C2-C5	106,7(6)	C10-C8-C11	110,3(6)
N2-C2-C6	108,4(6)	C11-C8-C9	113,0(6)
C5-C2-C3	109,7(6)	C8-C9-C4	115,9(5)

Операции симметрии: <sup>1</sup>[2-x, 1/2+y, 2-z]; <sup>2</sup>[2-x, -1/2+y, 2-z].



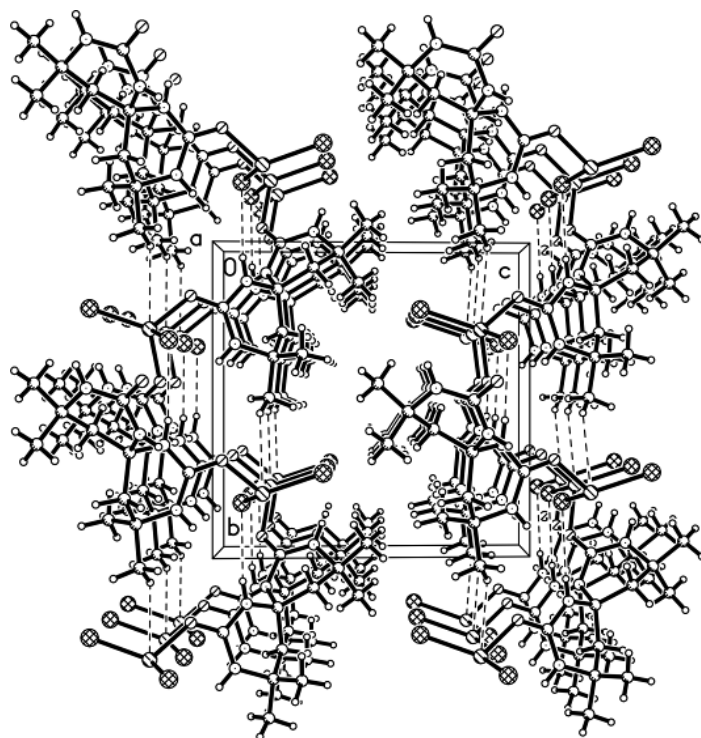


Рис. 2. Общий вид структуры вдоль направления [001].

### ВЫВОД

Синтезирован координационный полимер хлорида цинка(II) с 4,4,10,10-тетраметил-1,3,7,9-тетраазоспиро[5.5]ундекан-2,8-дионом или спирокарбоном (Sk).

По полученным данным метода прямого рентгеноструктурного анализа спирокарбон является монодентатным лигандом в среде ацетона по каждому кислороду карбонильных групп и за счёт симметричного строения склонен образовывать координационные полимеры.

### Список литературы

1. Трибрат Т.П. Влияние биологически активных веществ на рост и яичную продуктивность птицы кросса «Хайсекс браун» / Т.П. Трибрат, В.А. Ересько // Матер. Всеукр. науч.-практ. конф. Херсон, 1994 г. Харьков: Изд-во ХНТУ, 1994. – С. 101–106.
2. Дослідження впливу спірокарбону та похідних піролопіримідиндіонів на лейкозні клітини / Л.С. Старикович, М.А. Старикович, А.Н. Речицкий [и др.] // Біологічні студії / studia biologica. – 2009. – Т. 3, № 2. – С. 93–98.
3. Исследование влияния спирокарбона на физико-химические и биохимические характеристики эритроцитов крыс в норме и при алкогольной интоксикации / Л.С. Старикович, Е.П. Дудок, Н.А. Сибирная [и др.] // Медична хімія. – 2009. – Т. 11, № 1. – С. 57–62.
4. Факторы оптимизации формирования продуктивности растений и качества зерна ярового ячменя и овса / А.Г. Мусатов, А.А. Семьяшкина, Р.Ф. Дашевский // Хранение и переработка зерна. – 2007. № 7. – С. 38–41.

5. Гуревич А.С. Применение стимуляторов корнеобразования для окоренения черенков декоративных древесных и кустарниковых пород / А.С. Гуревич, В.А. Титов, Э.В. Бабаева [и др.] // «Интродукция, акклиматизация и культивация растений»: Сб. науч. тр. Калининград: Изд-во Калинингр. ун-та, 1998. – С. 30–50.
6. Козичар М.В. Приемы повышения шерстяной продуктивности овец асканийской тонкорунной породы: Дис... канд. с.-г. наук: спец. 06.02.04 / М.В. Козичар. - Херсон, 1998. – 16 с.
7. Синтез и исследование молекулярно-кристаллической структуры 4,4,10,10-тетраметил-1,3,7,9-тетраазоспиро[5.5]ундекан-2,8-диона (спирокарбона – Sk) / Е.Е. Нетреба, А.М. Федоренко, А.А. Павлов // Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія). – 2011. – № 1(25). – С. 107–115.
8. Основы микрометодов анализа органических соединений / [В.А. Климова]. – М.: Химия, 1975. – 215 с.
9. Foundations of Crystallography / G.M. Sheldrick // Acta Crystallographica Section A. – 2008. – Vol. 64. – P. 112–122.
10. Введение в колебательную спектроскопию неорганических соединений / [А.И. Григорьев]. – Москва: Изд-во МГУ, 1977. – 118 с.
11. Structure correlation / H.B. Burgi, J.D. Dunitz // VCH. Weinheim. – 1994. – Vol. 2. – P. 741–784.

**Нетреба Е.Е.** Синтез та дослідження молекулярно-кристалічної структури координаційного полімеру хлориду цинку з 4,4,10,10-тетраметил-1,3,7,9-тетраазоспиро[5.5]ундекан-2,8-діоном (спирокарбон – Sk) / Е.Е. Нетреба, О.М. Федоренко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 252-258.

Уперше синтезовано координаційний полімер  $\{[\text{ZnCl}_2(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)]\}_n$  та визначена його структура. Кристали моноклінні: пр. гр.  $P2_1$ ,  $a = 6,2121(17) \text{ \AA}$ ,  $b = 11,276(3) \text{ \AA}$ ,  $c = 11,387(3) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 94,99(3)^\circ$ ,  $V = 794,6(3) \text{ \AA}^3$ ,  $d_{\text{роз}} = 1,574 \text{ г/см}^3$ ,  $Z = 2$ . Координаційний поліедр цинку являє собою тетраедр у вершинах якого розташовано два атоми хлору й карбонільні атоми кисню O1 та O2 двох молекул органічного ліганда зв'язаних між собою операцією симетрії  $[2-z, 1/2+y, 2-z]$ . Валентні кути, центровані на атомі цинку варіюють в діапазоні  $101,05(12)$ - $122,13(9)^\circ$ . Відстань  $\text{Zn}\dots\text{Zn}$  у полімері становить  $9,48 \text{ \AA}$ . Молекули в координаційних полімерах додатково зв'язані між собою міжмолекулярними водневими зв'язками  $\text{N2}\dots\text{H2}\dots\text{O2}^{\text{I}}$  [i:  $2-x, 1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{O} 2,17 \text{ \AA}$ ,  $\text{N}\dots\text{H}\dots\text{O} 147^\circ$ ) і  $\text{N4}\dots\text{H4}\dots\text{Cl2}^{\text{II}}$  [ii:  $1-x, -1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{Cl} 2,48 \text{ \AA}$ ,  $\text{N}\dots\text{H}\dots\text{Cl} 159^\circ$ ). Ланцюжки зв'язані в шари уздовж площини  $(0\ 0\ 1)$  міжмолекулярними водневими зв'язками  $\text{N1}\dots\text{H1}\dots\text{Cl1}^{\text{III}}$  [iii:  $1-x, -1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{Cl} 2,78 \text{ \AA}$ ,  $\text{N}\dots\text{H}\dots\text{Cl} 148^\circ$ ).

**Ключові слова:** цинк(II), спирокарбон, координаційний полімер, структура, рентгеноструктурний аналіз.

**Netreba E.E.** Synthesis and investigation of molecular and crystal structure of coordination polymer of zinc chloride with 4,4,10,10-tetramethyl-1,3,7,9-tetraazospiro[5.5]undecan-2,8-dion (spirocarbon – Sk) / E.E. Netreba, A.M. Fedorenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 252-258.

Crystal and molecular structure of first synthesized coordination polymer  $\{[\text{ZnCl}_2(\text{C}_{11}\text{H}_{20}\text{N}_4\text{O}_2)]\}_n$  is reported. Crystals are monoclinic, sp. gr.  $P2_1$ ,  $a = 6,2121(17) \text{ \AA}$ ,  $b = 11,276(3) \text{ \AA}$ ,  $c = 11,387(3) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 94,99(3)^\circ$ ,  $V = 794,6(3) \text{ \AA}^3$ ,  $d_{\text{calc}} = 1,574 \text{ g/cm}^3$ ,  $Z = 2$ . Zinc ion is coordinated tetrahedrally with two chlorine atoms and two carbonyl oxygen atoms O1 and O2 of two ligand connected with by symmetry operation  $[2-z, 1/2+y, 2-z]$ . Bond angles, centered on zinc atom, are in range of  $101,05(12)$ - $122,13(9)^\circ$ .  $\text{Zn}\dots\text{Zn}$  distance in polymer is  $9,48 \text{ \AA}$ . Molecules in coordination polymers are additionally connected by intermolecular hydrogen bonds  $\text{N2}\dots\text{H2}\dots\text{O2}^{\text{I}}$  [i:  $2-x, 1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{O} 2,17 \text{ \AA}$ ,  $\text{N}\dots\text{H}\dots\text{O} 147^\circ$ ) and  $\text{N4}\dots\text{H4}\dots\text{Cl2}^{\text{II}}$  [ii:  $1-x, -1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{Cl} 2,48 \text{ \AA}$ ,  $\text{N}\dots\text{H}\dots\text{Cl} 159^\circ$ ). Chains are connected in layers along the plane  $(0\ 0\ 1)$  by intermolecular hydrogen bonds  $\text{N1}\dots\text{H1}\dots\text{Cl1}^{\text{III}}$  [iii:  $1-x, -1/2+y, 2-z$ ] ( $\text{H}\dots\text{Cl} 2,78 \text{ \AA}$ ,  $\text{N}\dots\text{H}\dots\text{Cl} 148^\circ$ ).

**Keywords:** zinc (II), spirocarbon, coordination polymer, structure, X-Ray diffraction.

Поступила в редакцію 15.05.2012 г.

**УДК: 615.838 : [502.4 : 504.062.2] (477.75)**

## **ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ПЕЛОЇДІВ ОЗЕРА ПАНСЬКЕ АР КРИМ**

*Нікіпелова О.М., Горбач Л.П., Ніколенко С.І., Алексєєнко Н.О., Захарченко Є.А.*

*ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України», Одеса, Україна  
E-mail: center@kurort.odessa.net*

На основі комплексу доклінічних досліджень (гідрогеологічних, фізико-хімічних, мікробіологічних та експериментальних) показано, що донні відклади озера Панське АР Крим не характеризуються біологічною активністю і не можуть використовуватися з лікувальною метою.

**Ключові слова:** пелоїди, озеро Панське, АР Крим, прогнозна оцінка.

### **ВСТУП**

Науково-дослідні роботи щодо вивчення соляних озер Тарханкутського півострова було почато у 1925 р. Інститутом фізико-хімічного аналізу АН СРСР. Результати багатьох досліджень викладено в монографії "Соляні озера Криму" [1].

Згідно постанови КМ України від 11.12. 1996 року № 1449 [2] родовище пелоїдів оз. Панське АР Крим віднесене до категорії лікувальних.

Донні відклади оз. Панське практично не використовуються для лікувальних цілей, лише інколи застосовуються місцевим населенням і відпочиваючими для самолікування.

Згідно до Закону України "Про курорти" використання пелоїдів з лікувальною метою повинно бути обґрунтовано результатами їх медико-біологічної оцінки якості та цінності, на підставі якої надається медичний (бальнеологічний) висновок. Порядок надання такого висновку регламентується наказом МОЗ України від 02.06.03р. № 243 та зареєстрованого у Мінюсті України 29.08.2003 р. за N 752/8073 [3].

### **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

Проведено дослідження проб пелоїдів оз. Панське, які відібрано під час польових робіт у травні 2011 р. у центральній частині озера, відповідно до зазначених нижче географічних координат, де відклади мулових пелоїдів мають характерне представництво: т. 1 – N 45° 32' 27<sup>11</sup>, E 32° 48' 17<sup>11</sup>; т. 2 – N 45° 32' 10<sup>11</sup>, E 32° 47' 04<sup>11</sup>.

Проби пелоїдів відбирались згідно вимог [4].

Визначення фізико-хімічних показників пелоїдів проводилось за методиками [4, 5], мікробіологічні дослідження – [6], експериментальні – [7–9].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Оз. Панське розташоване в північно-західній частині Тарханкутського півострова, на відстані 4,5 км від с. Міжводне Чорноморського району АР Крим (рис. 1).

За своїм генезисом водоймище є лиманним.

На сьогодні для оз. Панське більш підходящим статусом може бути не озеро, а техногенна затока чи лагуна (із-за мілководності і з'єднання з водами моря).

Згідно з планом будівництва нового порту в районі оз. Панське Чорноморського району АР Крим у 1978 р. було прорито форватер (прохід) через перешійок, який розділяв оз. Панське (внутрішні води) і води Чорного моря (зовнішні води). Таким чином озеро було з'єднано з водами Ярилгачської бухти Чорного моря. Новий порт побудовано у 1979 – 1991 рр. на північно-східній частині озера, який отримав назву Чорноморськ.



Рис. 1. Схема району робіт.

Водоймище витягнуте з заходу на схід і в плані має грушеподібну форму, берега рівні, місцями порізані балочно-яружною мережею. Довжина озера складає 4,4 км, найбільша ширина в східній частині – 2,3 км. Площа озера – 1,6 км<sup>2</sup>. Глибини озера незначні. Найбільші глибини (1,2 – 1,4 м) зустрічаються у центральній частині водоймища. Озерна котловина в цілому має блюдцеподібну

**ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ПЕЛОЇДІВ ОЗЕРА ПАНСЬКЕ АР КРИМ**

форму, з не крутими бортами і відносно пологим дном, яке поступово занурюється до центру.

Донні відклади оз. Панське представлено мулами світло-сірого кольору з запахом сірководню (вміст сірководню 0,03 %), які мають нейтральну реакцію середовища (значення рН становить 7,0 од. рН (т. 2) – 7,2 од. рН (т. 1)).

Відклади маслянисті, доброї мазкості, з невеликою кількістю піску, рослинних залишків та детриту. Потужність світло-сірих відкладів у центральній частині озера досягає 0,6 м. Основні фізико-хімічні показники пелоїдів представлено в табл. 1.

**Таблиця 1.**

**Основні фізико-хімічні показники пелоїдів оз. Панське**

Показник, розмірність	Назва проби		Норма для мулових сульфідних грязей (пелоїдів)
	т.1	т.2	
Колір	світло-сірий	світло-сірий	–
Запах	сірководневий	сірководневий	–
Масова частка вологи, %	55,65	53,10	25 – 75
Eh, мВ	+ 100	+ 120	–
Вміст H <sub>2</sub> S, %	0,03	0,03	–
Об'ємна вага	1,37	1,37	–
Напруга зсуву, Па	576,34	551,81	150 - 1200
Липкість, Па	971,97	1041,40	–
Засміченість частинками $\phi > 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	0,73	1,95	не більше 3,0
Питома теплоємність, кДж/(кг·К)	2,70	2,62	–
C <sub>орг.</sub> , п/с стан, %	1,84	1,59	–

Показником напрямку окислювально-відновних процесів в відкладах є окислювально-відновний потенціал (Eh), який характеризується додатними значеннями – від + 100 (т. 1) до + 120 мВ (т. 2), що свідчить про перевагу окисних процесів.

Значення масової частки вологи досліджених проб становить 53,10 (т. 2) – 55,65 (т. 1) %, що відповідає вимогам, які висуваються до лікувальних грязей (пелоїдів) [10]. В зв'язку з такими показниками масової частки вологи вони характеризуються досить високими значеннями теплоємності 2,62 – 2,70 кДж/(кг·К) та мають добрі теплові властивості.

Засміченість мінеральними частинками діаметром більше  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м складає 0,73 (т. 1) – 1,95 (т. 2) %, що відповідає допустимим значенням засміченості при використанні мулових пелоїдів з лікувальною метою.

Об'ємна вага аналізованих проб відкладів оз. Панське становить 1,37.

Важливими характеристиками мулових пелоїдів з бальнеологічної точки зору є напруга зсуву, яка обумовлює пластично-в'язкі властивості. Досліджені проби характеризуються м'якопластичною консистенцією, значною липкістю. Значення напруги зсуву від 551,81 (т. 2) до 576,34 (т. 2) Па.

Липкість характеризує силу зчеплення пелоїдів з поверхнею тіла людини. Відклади мають високі значення липкості від 971,97 (т. 1) до 1041,40 Па (т. 2).

В мулових пелоїдах оз. Панське визначено концентрації С орг., характерні для цього виду пелоїдів – 1,59 (т. 2) – 1,84 (т. 1) %.

Розчин пелоїдів – рідка фаза пелоїдів – складається, в основному, з розчинених в воді солей, становить від 21,0 (т. 1) до 21,2 (т. 2) г/дм<sup>3</sup>. Переважними компонентами розчину є хлорид-іони та іони натрію і калію. За співвідношенням основних катіонів і аніонів розчин пелоїдів хлоридний натрієвий. Формула хімічного складу має наступний вигляд:

т. 1	21,0	$\frac{Cl\ 90\ SO_4\ 6\ HCO_3\ 4}{(Na+K)\ 79\ Mg\ 16\ Ca\ 5}$	pH 7,4 од. pH
т. 2	21,2	$\frac{Cl\ 88\ SO_4\ 9\ HCO_3\ 3}{(Na+K)\ 79\ Mg\ 16\ Ca\ 5}$	pH 7,5 од. pH

Для виявлення антропогенного впливу на відклади оз. Панське в пробах пелоїдів визначався вміст важких металів, а в ропі – нафтопродуктів. Виявлено незначну кількість хрому, міді, свинцю, цинку, що не перевищує фоновий вміст важких металів у ґрунтах (табл. 2).

**Таблиця 2.**

**Вміст важких металів у пелоїдах оз. Панське**

Компоненти	Вміст, %	Фоновий вміст в ґрунтах, % (за Виноградовим О.П.)
Хром	$5,37 - 5,56 \cdot 10^{-4}$	$20,0 \cdot 10^{-3}$
Мідь	$1,38 - 1,67 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$
Свинець	$2,31 - 4,08 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Цинк	$0,22 - 0,23 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Кадмій	$1,12 - 1,22 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$

Результати визначення загального вмісту нафтопродуктів у ропі оз. Панське показали, що їх концентрації незначні і дорівнюють в пробі ропи оз. Панське т. 1 –  $(0,02 \pm 0,0080)$  мг/дм<sup>3</sup>, в пробі ропи т. 2 –  $< 0,005$  мг/дм<sup>3</sup>.

Таким чином, за основними фізико-хімічними показниками донні відклади оз. Панське АР Крим відповідають вимогам, які висуваються до лікувальних грязей (пелоїдів), що використовуються в бальнеології, відносяться до слабкосульфідних, середньомінералізованих.

Як показали результати мікробіологічних досліджень, донні відклади оз. Панське (точки 1 та 2) бактерицидною дією відносно тест-культур кишкової палички (*Escherichia coli* O<sub>55</sub> K<sub>59</sub>), синьогнійної палички (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC № 27855 (F-51), золотистого стафілокока (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 F-49), епідермального стафілокока (*Staphylococcus epidermidis* 14990), фекального ентерокока (*Enterococcus faecalis* ATCC 19433) не володіли, оскільки не виявлено антагоністичного результату.

Метою експериментальних досліджень є визначення відгуку різних систем організму здорових тварин на шкіряно-резорбтивну дію пелоїдів. Проведені тести дають підставу зробити висновки щодо безпечності дії пелоїдів на організм та наявності (або відсутності) у них біологічної активності.

Під впливом обох досліджуваних проб пелоїдів встановлено вірогідне зниження добового діурезу ( $p < 0,001$ ) внаслідок змін у співвідношенні парціальних процесів. Під впливом пелоїдів т. 1 вірогідно знижується екскреція сечовини, має місце зсув реакції добової сечі у лужний бік. Зміни стану нирок, які викликані дією обох досліджуваних проб пелоїдів, оцінюються, як негативні.

Курсове застосування досліджуваних пелоїдів т. 1 та т. 2 оз. Панське призводить до вірогідних змін іонорегулюючої функції нирок.

Під впливом зовнішнього застосування пелоїдів обох точок встановлено вірогідне зниження в крові щурів концентрації іонів натрію та вірогідне зростання іонів кальцію та хлорид-іонів.

Дія досліджуваних пелоїдів спрямована на деяку перебудову метаболічних показників у білковому спектрі, що може негативно впливати на прояви антифлогістичного ефекту. Встановлено посилення жовчоутворювальної функції печінки та зрушення в активності  $\alpha$ -амілази, що може розглядатися, як результат пригнічення функціонального стану підшлункової залози.

В умовах застосування обох зразків пелоїдів має місце перерозподіл елементів формули крові, що свідчить про повільну активацію захисно-приспосувальних процесів.

Таким чином, пелоїди оз. Панське при курсовому зовнішньому застосуванні не володіють повним набором позитивних зсувів в організмі експериментальних тварин щодо визначення наявності їх біологічної активності та прогнозування лікувальних властивостей.

## ВИСНОВОК

Виконаний комплекс досліджень донних відкладів оз. Панське АР Крим щодо їх прогнозно оцінки дозволяє обґрунтовано стверджувати, що мулові світло-сірі відклади не володіють біологічною активністю і не можуть використовуватись з лікувальною метою.

**Список літератури**

1. Курнаков Н.С. Соляные озера Крыма / Н.С. Курнаков, В.Г. Кузнецов, А.И. Дзенс-Литовский, М.И. Равич. – М.: изд-во Академии наук СССР, 1936. – 278 с.
2. Постанова Кабінету Міністрів України Про затвердження переліку водних об'єктів, які відносяться до категорії лікувальних – від 11.12.1996, № 1499.
3. Наказ МОЗ України Про затвердження Порядку здійснення медико-біологічної оцінки якості та цінності природних лікувальних ресурсів, визначення методів їх використання – від 02.06.2003, № 243.
4. Нікіпелова О.М. Посібник з методів контролю пелоїдів та препаратів на їх основі / О.М. Нікіпелова, Л.Б. Солодова. – Укр. н.-досл. ін-т мед. реабіліт. та курорт. Ч.1. Фізико-хімічні дослідження. – Одеса, 2008. – 100 с.
5. Бахман В.И. Методика анализа лечебных грязей (пелоидов) / В.И. Бахман, К.А. Овсянникова, А.Д. Вадковская. – М., 1965. – 142 с.
6. Ніколенко С.І. Посібник з методів контролю лікувальних грязей, ропи та препаратів на їх основі / С.І. Ніколенко С.М. Глуховська, І.П. Ковальова. – Укр. н.-досл. ін-т мед. реабіліт. та курорт. Ч.2. Мікробіологічні дослідження. – Одеса, 2002. – 72 с.
7. Алексєнко Н.О. Посібник з методів досліджень природних та преформованих лікувальних засобів / Н.О. Алексєнко, О.С. Павлова, Б.А. Насібуллін, А.С. Ручкіна. – Укр. н.-досл. ін-т мед. реабіліт. та курорт. Ч.3. Експериментальні та доклінічні дослідження. – Одеса, 2002. – 115 с.
8. Каминский Л.С. Статистическая обработка лабораторных и клинических данных / Л.С. Каминский. – М., 1964. – 252 с.
9. Венчиков А.И. Основные приёмы статистической обработки результатов наблюдений в области физиологии / А.И. Венчиков, В.А. Венчиков – М.: Медицина, 1974. – 152 с.
10. Інструкція із застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ лікувальних грязей. – Київ: ДКЗУ, 2002. – 49с.

**Нікіпелова Е.М. Прогнозная оценка пелоидов озера Панское АР Крым / Е.М. Нікіпелова, Л.П. Горбач, С.И. Ніколенко, Н.А. Алексєнко, Е.А. Захарченко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 259-264.**

На основе комплекса доклинических исследований (гидрогеологических, физико-химических, микробиологических и экспериментальных) показано, что донные отложения озера Панское АР Крым не характеризуются биологической активностью и не могут использоваться с лечебной целью.

**Ключевые слова:** пелоиды, озеро Панское, АР Крым, прогнозная оценка.

**Nikipelova O.M. Prognosis estimation of muds Lake Panske AR Cream / O.M. Nikipelova, L.P. Gorbach, S.I. Nikolenko, N.O. Alekscenko, E.A. Zaharchenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 259-264.**

Based on preclinical studies of the complex (hydrogeological, physico-chemical, microbiological, and experimental) show that sediments of the lake Panskoe Crimea do not have a biological activity and can not be used for therapeutic purposes.

**Keywords:** muds, Lake Panskoe, Crimea, prognosis estimation.

*Поступила в редакцию 20.05.2012 г.*



УДК 547.551.54:547.553

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗИМИДАЗОЛИЛПРОПИОНОВОЙ КИСЛОТЫ

*Панова Э.П.<sup>1</sup>, Назаренко М.В.<sup>2</sup>, Баевский М.Ю.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

<sup>2</sup>*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского,*

*Симферополь, Украина*

*E-mail: mendes@inbox.ru*

Синтезированы гидроксипроизводные бензимидазолилпропионовой кислоты. Изучено взаимодействие кислот с ацетатом меди(II), по результатам кондуктометрического титрования и метода изомолярных серий рассчитаны соотношения металл : лиганд в комплексных соединениях.

**Ключевые слова.** ацетат меди(II), гидроксипроизводные бензимидазолилпропионовой кислоты, кондуктометрическое титрование, метод изомолярных серий.

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение свойств и строения координационных соединений ионов металлов с органическими лигандами, содержащими различные донорные центры, является важным фактором в развитии новых подходов к физико-химическим исследованиям в химии координационных соединений [1]. В работах [2, 3] показано, что в ряде случаев имидазол и бензимидазол могут активировать каталитическое действие ряда элементов, в частности, меди(II), влияя на образование комплексов разной насыщенности. Авторами работ [2, 3] были синтезированы комплексы бензимидазола с железом(II), обладающие способностью изменять спиновое состояние центрального катиона атома металла. Шестаковой Т.Е. изучена возможность формирования данными соединениями мезоморфного состояния [4]. Киселёву А.В. удалось синтезировать никелевый комплекс с бензимидазолом [5]. Впервые получены роданидные метилимидазольные и метилмеркаптобенз-имидазольные комплексы Re(V), а Цалоевым А.Т. установлено, что использование N-метил-2-меркаптобензимидазола в качестве лиганда стабилизирует состояние Re(V) [6]. Особый интерес представляют комплексы металлов и производных бензимидазола, имеющих несколько потенциальных координирующих центров в одной молекуле. Целью данной работы явилось получение гидроксипроизводных бензимидазолилпропионовой кислоты, определение их основных физико-химических свойств, а также изучение взаимодействия с солями меди(II).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наиболее распространенным методом синтеза гидроксикислот бензимидазола явился метод Филиппа [8]. 3-(2-Бензимидазолил)-3-гидроксипропионовая (**1**) и 3-(2-

бензимидазол(ил)-2,3-дигидроксипропионовая (2) кислоты были получены конденсацией *o*-фенилендиамин с соответствующей дикарбоновой кислотой – L-яблочной и D-винной (рис 1.) :

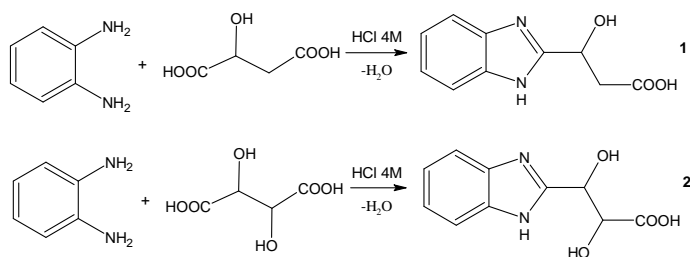


Рис. 1. Схема синтеза гидроксипроизводных бензимидазолпропионовой кислоты.

Смесь 0,24 моль *o*-фенилендиамина (берётся в небольшом избытке с целью полного перевода кислоты в соль) и 0,2 моль соответствующей кислоты обрабатывали 125 мл 4М соляной кислоты. Раствор кипятили 8 часов. По охлаждению добавляли раствор аммиака 25%-ной концентрации до pH 8 и оставляли на ночь. Выпавший осадок дибензимидазольного производного удаляли методом фильтрования под вакуумом. Фильтрат подкисляли раствором уксусной кислоты до pH 5 и снова оставляли на ночь. За это время формировался осадок необходимой кислоты, как правило, загрязнённый *o*-фенилендиамином. Очистку проводили многократной перекристаллизацией из воды. Индивидуальность полученных кислот проверяли хроматографически на пластинках Sorbfil-АФ-В-УФ (Россия) в системе растворителей: бутанол-уксусная кислота-вода (3:1:1). После очистки массовые доли в сухом веществе составили 80–85%.

Полученные кислоты представляют собой мелкодисперсные кристаллические вещества светло-золотистого цвета, плохо растворимые в воде (по сравнению с имидазолами), умеренно растворимые в водно-спиртовой смеси (20:80) и хорошо растворимые в этиловом спирте.

На приборе фирмы Bruker Tensor ТН-37 (рабочая частота 400 МГц) были сняты протонные спектры кислот **1** и **2** с целью подтверждения их чистоты. Использовались растворы в диметилсульфоксиде.

На приборе ПТП определены температуры плавления: Т (**1**): = 168–172°C, Т (**2**): = 170–176°C. Протонные спектры и узкий интервал температур плавления подтвердили чистоту синтезированных кислот.

Для синтезированных кислот определили константу ионизации и электропроводность. Константу ионизации определяли графически методом Михаэлиса по результатам потенциометрического титрования [9]. Титрование проводили со стеклянным индикаторным электродом и хлорсеребряным электродом сравнения на универсальном иономере ЭВ-74 (основная погрешность составляет ± 0,05 pH). Раствор гидроксида натрия (С=0,0137М) готовили разбавлением концентрированного и стандартизовали по щавелевой кислоте (х.ч.). По полученным данным построены кривые титрования: интегральная и дифференциальная (рис. 2).

Данные по электропроводности могут дать информацию о возможности проникновения вещества в биофазу клеток и изучить абсолютную и тканевую биодоступность соединений. Электропроводность кислот и используемого в работе ацетата меди(II) определяли на приборе КЭЛ-1М.

Для исследования взаимодействия синтезированных кислот с солями меди(II) (ацетат, сульфат, хлорид и нитрат) был использован метод кондуктометрического титрования, основанный на измерении удельной электропроводности растворов в процессе титрования.

Так как синтезированные кислоты относят к слабым электролитам, а катион меди(II) образует малорастворимые гидроксиды, то существенное влияние на характер взаимодействия оказывает рН реакционной среды. Измерения проводили для растворов кислот с рН 4,0–9,0. При минимальном значении рН происходило выпадение самой кислоты, а при рН > 7 наблюдалось выпадение осадка – смеси основных солей меди.

Для изучения состава полученных соединений был использован метод изомолярных серий, который состоял из приготовления растворов соответствующей кислоты и ацетата меди(II) одинаковой молярной концентрации (0,01М) и смешение их в антибатных соотношениях (1:9–9:1), при неизменном общем объеме раствора, при этом суммарное число молей обоих компонентов в общем объеме смеси всегда оставалось постоянным. Аналитический сигнал – удельная электропроводность [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Потенциометрическое титрование кислот ( $\approx 0,01M$ ) проводили 0,0137M раствором гидроксида натрия. Кривые потенциометрического титрования имеют чётко выраженные скачки, и найденные по ним значения констант ионизации соответствуют теоретическим закономерностям (рис. 2).

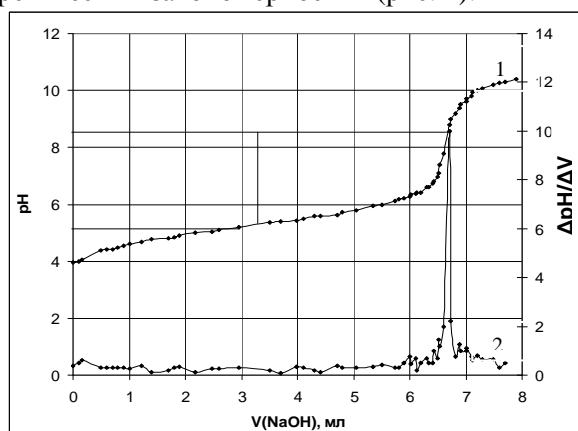


Рис. 2. Кривые потенциометрического титрования для 3-(2-бензимидазолил)-2,3-дигидроксипропионовой кислоты (**2**).

Примечание: 1 – интегральная кривая; 2 – дифференциальная кривая.

В ходе потенциометрического титрования получили следующие константы ионизации:  $K_a$  (**1**) =  $3,16 \cdot 10^{-6}$  ( $pK_a = 5,55$ );  $K_a$  (**2**) =  $2,81 \cdot 10^{-6}$  ( $pK_a = 5,25$ );  $\Delta pK_a = 0,30$  - откуда видно, что кислота **2** проявляет более кислые свойства.

На Рис. 3 представлены графики изменения электропроводности от концентрации кислот и ацетата меди(II).

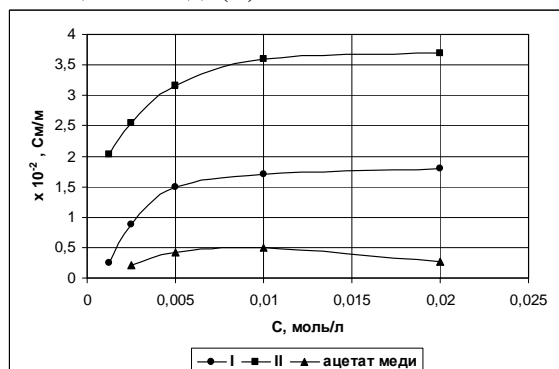


Рис. 3. Изменение электропроводностей растворов кислот 1, 2 и ацетата меди(II).

С ростом концентрации кислот и ацетата меди удельная электропроводность  $\chi$  также увеличивается, что отвечает увеличению числа ионов в растворе. Однако, чем больше это число, тем сильнее проявляется ион-ионное взаимодействие, приводящее к замедлению движения ионов, а также к их ассоциации. Поэтому почти всегда зависимость удельной электропроводности проходит через максимум, который тем менее выражен, чем слабее электролит.

В процессе кондуктометрического титрования полученных кислот различными солями меди было установлено, что наиболее полное взаимодействие происходит при использовании ацетата меди(II) в интервале pH исходных растворов, равным 5,0–7,0.

Для изучения состава полученных комплексных соединений был использован метод изомолярных серий (рис. 4). Концентрации реагентов постоянны и равны 0,01М. Перегиб на кривой соответствует объемному соотношению 1 (2):ацетат меди – 5:5 ( $\approx 1:1$ ). Аналогичные данные были получены измерением pH растворов изомолярных серий. При соотношении 5:5 наблюдалось резкое снижение pH = 3,8–4,0 за счет образования свободной уксусной кислоты в растворе. Таким образом, проведенные исследования дают возможность предполагать структуру комплексов типа ML.

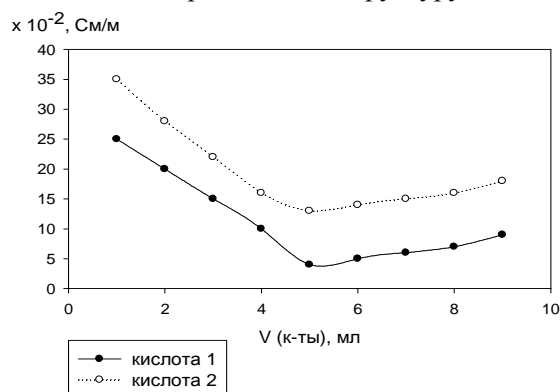


Рис. 4. Изменение электропроводности в зависимости от объемной доли кислот.

## ВЫВОДЫ

1. Определены константы ионизации кислот:  $K_a(1) = 3,16 \cdot 10^{-6}$   $K_a(2) = 2,81 \cdot 10^{-6}$ .
2. Кондуктометрическим методом установлен состав образующихся соединений, соответствующий отношению кислота:металл 1:1. Соотношение подтверждено методом изомолярных серий.

## Список литературы

1. Буков Н.Н. Координационная химия d- и f-элементов с полидентатными лигандами: синтез, строение и свойства: автореф. дисс. на соискание ученой степени докт. хим. наук: 27.08.2007 / Н.Н. Буков. – Краснодар, 2007. – 31 с.
2. Колечко Д.В. Синтез и физико-химические свойства комплексных соединений лантаноидов с производными арилоксиуксусной кислоты: автореф. дисс. на соискание ученой степени докт. хим. наук: 22.11.08 / Д.В. Колечко. – Краснодар, 2008. – 24 с.
3. Сорбционно-каталитический метод определения азотсодержащих органических соединений / М.К. Беклемишев, Ю.Ю. Петрова, О.М. Абрамова, И.Ф. Долманова // Вестник Московского университета. – 2003. – Т. 44, №2. – С. 115-122.
4. Металлохелаты иминов 2-замещенных 1-аминобензимидазолов: автореф. дисс. на соискание ученой степени докт. хим. наук: 21.12.06 / Т.Е. Шестакова. – Ростов-на-Дону, 2006. – 24 с.
5. Киселев А.В. Никелевые комплексы карбенов азольного ряда / А.В. Киселев // Вестник Донецкого национального университета. – 2008. – Вып. 2. – С. 293-298.
6. Цалоев А.Т. Синтез и физико-химические свойства координационных соединений рения (V) с производными имидазола и бензимидазола: автореф. дисс. на соискание ученой степени докт. хим. наук: 30.05.07 / А.Т. Цалоев. – Иваново, 2007. – 16 с.
7. Громько А.В. Лиганды, специфичные к определённым последовательностям пар оснований ДНК. Новые димерные молекулы Хёста. Ингибиторы интегразы ВИЧ-1 in vitro / А.В. Громько, В.И. Саянов, С.А. Стрельцов и др. // Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН, 2007. – 20 с.
8. Taffs K.H. Preparation and Oxidation of Some Bisbenzimidazoles and Benzimidazolylhydroxypropionic Acids / K.H. Taffs, L.V. Prosser, F.B. Wigton, M.M. Joullié // JOC. – 1960. – V.26. – С. 462-466.
9. Гриссбах. Р. Теория и практика ионного обмена. / Гриссбах. Р. – М.: Мир, 1971. – 417 с.
10. Булатов М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа [Учеб. Пособие] / М.И. Булатов, И.П. Калинин – Л.: Химия, 1986. – 432 с.

**Панова Е.П. Синтез і властивості гідроксіпохідних бензімідазолілпропіонової кислоти / Е.П. Панова, М.В. Назаренко, М.Ю. Баєвський // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 265-269.**

Синтезовані гідроксіпохідні бензімідазолілпропіонової кислоти. Вивчена взаємодія кислот з ацетатом міді(II), за результатами кондуктометричного титрування і методу ізомолярних серій розраховані співвідношення метал:ліганд в комплексних з'єднаннях.

**Ключові слова.** ацетат міді(II), гідроксіпохідні бензімідазолілпропіонової кислоти, кондуктометричне титрування, метод ізомолярних серій.

**Panova E.P. Synthesis and properties hydroxyderivatives of benzimidazolylpropionic acid / E.P.Panova, M.V. Nazarenko, M.U. Baevsky // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 265-269.**

Benzimidazolylpropionic acid hydroxyderivatives were synthesized. Interaction of acids with copper(II) acetate have been studied. By results of conductometric titration and a method of isomolar series the ratios metal:ligand in complex are calculated.

**Keywords.** copper(II) acetate, hydroxyderivatives of benzimidazolylpropionic acid, conductometric titration, method of isomolar series.

*Поступила в редакцію 10.05.2012 г.*

**УДК 615.218:54.062:542.61**

## **ВИВЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ДЕЗЛОРАТАДИНУ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ В ОРГАНАХ ОТРУЄНИХ НИМ ТВАРИН**

*Поляк О.Б., Іванець Л.М., Дребот І.С.*

*Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, Тернопіль, Україна  
E-mail: Ivanets\_Lyuda@ukr.net*

Вивчено розподіл дезлоратадину в органах отруєних ним тварин. Досліджено зберігання дезлоратадину в біологічному матеріалі, що піддався гнильним змінам. Використано методи ТШХ та УФ-спектрофотометрії для виявлення та кількісного визначення дезлоратадину в отриманих витяжках із біологічного матеріалу.

**Ключові слова:** дезлоратадин, лоратадин, отруєні тварини, біологічний матеріал, хіміко-токсикологічний аналіз.

### **ВСТУП**

Дезлоратадин (дезкарбоетоксилоратадин, еріус, фрібрис, едем) – високоефективний пероральний антигістамінний препарат III покоління, активний метаболіт лоратадину, інгібітор алергічного каскаду.

В літературі описано неодноразові випадки токсичної дії лоратадину на серцево-судинну систему людини [1]. Можливо, що негативна дія лоратадину на організми частково викликана антихолінергічною дією його активного метаболіту – дезлоратадину. Так, доведено, що незначне збільшення концентрації дезлоратадину може призвести до антихолінергічних ефектів [2]. Крім того, дезлоратадин володіє антимускариною активністю та збільшує частоту серцевих скорочень як у здорових собак, так і в собак з серцевою недостатністю [3]. В літературі описується, що дезлоратадин може блокувати  $M_2$ -рецептори та викликати синусову тахікардію в морських свинок, а також в концентрації 1 мг/кг збільшувати частоту серцевих скорочень на 33 % у щурів [4].

Тому ми вважаємо, що вивчення дезлоратадину в хіміко-токсикологічному відношенні є актуальним і своєчасним. Попередньо нами було розроблено методи ідентифікації [5], кількісного визначення дезлоратадину [6] та виділення його з біологічного матеріалу [7].

Метою наших досліджень було вивчення розподілу дезлоратадину в органах отруєних ним тварин та дослідження його зберігання в біологічному матеріалі при гнитті останнього.

### **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

Для визначення розподілу дезлоратадину в органах отруєних ним тварин використовували щурів масою 150-200 г, які не отримували їжі протягом доби.

Щурам за допомогою зонда вводили в шлунок розчин дезлоратадину з розрахунку 2500 мг/кг. Через добу щурів декапітували. Для дослідження брали серце, мозок, печінку, нирки, легені, селезінку, шлунок та кишечник із вмістом. Паралельно проводили контрольний дослід з відповідними органами.

Виділення дезлоратадину з органів проводили методом ізолювання хлороформом [7]. В усіх випадках для ізолювання лікарської речовини використовували десятикратний об'єм розчинника відносно маси досліджуваного органа.

Кількісне визначення дезлоратадину у витяжках проводили методом УФ-спектрофотометрії [6]; ідентифікацію – методами ТШХ та УФ-спектрофотометрії [5].

Для дослідження зберігання дезлоратадину в біологічному матеріалі використовували модельні суміші печінки трупа людини, що загинула від травм, із препаратом. До 10 г подрібненої печінки додавали 1 мл розчину дезлоратадину в 0,1 моль/л кислоті хлоридній, що містив 2000 мкг препарату, перемішували і проби залишали на зберігання при температурі 5 °С на 1, 10, 20, 30 і 40 діб. Паралельно ставили контрольні досліди. Після зазначених термінів зберігання дезлоратадин виділяли хлороформом [7].

Виявлення дезлоратадину в отриманих витяжках із біологічного матеріалу, проводили методом ТШХ [5], а кількісне визначення УФ-спектрофотометричним методом [6].

Для дослідження впливу факторів зовнішнього середовища на зберігання дезлоратадину в біологічному матеріалі одні модельні суміші печінки трупа людини, загорнені в марлю, поміщали в землю, а інші в закритих пеніцилінових баночках залишали на такий самий термін на повітрі. Виділення дезлоратадину з обох модельних сумішей проводили хлороформом [7]. Виявлення проводили методом ТШХ [5], а кількісне визначення УФ-спектрофотометрично [6].

### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ**

Результати розподілу дезлоратадину в органах отруєних ним тварин через 27 год. після внутрішньошлункового введення наведені в табл. 1.

**Таблиця 1.**

#### **Розподіл дезлоратадину в органах отруєних ним тварин (середнє з 3 визначень)**

Маса щура, г	Введено дезлоратадину, мг	Об'єкт дослідження	Маса об'єкта, г	Знайдено дезлоратадину, мг	
				у взятому об'єкті	у перерахунку на 100 г об'єкта
160	1000	кишківник із вмістом	11,67	18,75	160,66
		легені	1,15	1,05	91,30
		нирки	1,22	0,92	75,41
		селезінка	0,75	0,51	68,00
		серце	0,74	0,45	60,81
		печінка	6,13	2,13	34,75
		шлунок із вмістом	1,54	0,46	29,87
		мозок	1,53	0,22	14,38

Дані табл. 1 свідчать про те, що при летальних отруєннях дезлоратадином для виконання хіміко-токсикологічних досліджень слід брати кишківник із вмістом, легені, нирки, селезінку.

Результати вивчення зберігання дезлоратадину в біологічному матеріалі (у тканинах печінки) наведені в табл. 2.

**Таблиця 2.**  
**Вміст дезлоратадину в біологічному матеріалі, що піддався гнильним змінам в залежності від термінів зберігання (середнє з 3 визначень)**

Внесено дезлоратадину, мкг	Термін зберігання проби, діб	Виділено дезлоратадину, %
2000,0	1	50,50
2000,0	10	33,17
2000,0	20	22,67
2000,0	30	10,77
2000,0	40	сліди

Дані табл. 2 свідчать, що за допомогою хлороформу через 30 діб зберігання можна виділити біля 10 % дезлоратадину, а через 40 діб – тільки сліди останнього. При більш тривалому зберіганні біологічного матеріалу дезлоратадин не виявляли.

Встановлено, що на вміст дезлоратадину в біологічному матеріалі не суттєво впливає місце знаходження останнього (розбіжність близько 5 %). Проте, витяжка з біологічного матеріалу, який знаходився тривалий час в землі, містила набагато менше співекстрактивних речовин, ніж подібна на повітрі (встановлено методом ТШХ).

### ВИСНОВКИ

1. Вивчено розподіл дезлоратадину в органах отруєних тварин. Встановлено, що найбільша кількість діючих речовин через 24 год. після внутрішньошлункового введення знаходиться в кишківнику, легенях, нирках та селезінці.
2. Встановлено, що після 30-добового зберігання в біологічному матеріалі (тканина печінки) з використанням методики ізолювання хлороформом можна виділити біля 10 % дезлоратадину, а через 40 діб – лише сліди останнього.
3. Встановлено, що на вміст дезлоратадину в біологічному матеріалі не суттєво впливає місце знаходження останнього.

### Список літератури

1. Поляк О.Б. Хіміко-токсикологічне дослідження лоратадину: дис. канд. фарм. наук: 15.00.02 / Поляк Ольга Богданівна. - Харків, 2005. – 160 с.
2. Offord S.J. Comparison of the HI- histamine and muscarinic receptor binding profiles of fexofenadin / Offord S.J., Molnar C. // Aventis Pharma. – 2000. – Suppl. 2. – P. 152.
3. Igawa A. Desloratadine, but not fexofenadine, increases heart rate in dogs before and after heart failure / Igawa A., Cheng C.P., Little W.C. // Allergy. – 2001. – Suppl. 68. – P. 645.



4. Descarboethoxyloratadine is more potent than diphenhydramine, loratadine, and fexofenadine at inhibiting muscarinic type 2 (M2) receptor-activated  $K^+$  current in atrial guinea pig cardiomyocytes./ Kramer J., Obejero-Paz C., Brown A. [et al.] // Chan Test Inc Neo Parkway, Cleveland, OH, USA; Departments of Psychiatry and Pharmacology, Perm State University College of Medicine, Hershey, PA, USA.
5. Поляк О.Б. Ідентифікація дезлоратадину хімічними та фізико-хімічними методами / О.Б. Поляк // Фармацевтичний часопис. – 2008. – № 4. – С. 57-61.
6. Поляк О.Б. Спектрофотометричне визначення та екстракція дезлоратадину органічними розчинниками з водних розчинів залежно від рН середовища / Поляк О.Б. // Медична хімія. – 2009. – № 1. – С. 67-70.
7. Дребот І.С. Методи виділення дезлоратадину з біологічного матеріалу / І.С. Дребот, О.Б. Поляк // Медична хімія. – 2010. – № 1. – С. 128-132.

**Поляк О.Б. Изучение распределения дезлоратадина и сохранение в органах отравленных ним животных / О.Б. Поляк, Л.Н. Иванец, И.С. Дребот // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 270-273.**

Изучено распределение дезлоратадина в органах отравленных им животных. Исследовано сохранение дезлоратадина в биологическом материале, который подвергся гнилью. Использовано методы ТСХ и УФ-спектрофотометрии для выявления и количественного определения дезлоратадина в полученных извлечениях из биологического материала.

**Ключевые слова:** дезлоратадин, лоратадин, отравленные животные, биологический материал, химико-токсикологический анализ.

**Polyak O.B. The distribution of desloratadine in the bodies of poisoned animals / O.B. Polyak, L.M. Ivanets, I.S. Drebot // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 270-273.**

The distribution of desloratadine in the bodies of poisoned animals was studied. Investigated the preservation of desloratadine in the biological material, which succumbed to rot. The methods of TLC and UV spectrophotometry were used for the detection and quantification of desloratadine in the obtained extracts of biological material.

**Keywords:** desloratadine, loratadine, poisoned animals, biological material, chemical and toxicological analysis.

*Поступила в редакцию 20.05.2012 г.*

**УДК 546.543:541.49**

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ РАСТВОРИМОСТИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМАХ**

*Федоренко А.М.<sup>1</sup>, Сугак А.В.<sup>2</sup>, Федоренко А.А.<sup>1</sup>, Повстяной В.М.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

<sup>2</sup>*ООО Укрспецмонтаж, Симферополь, Украина*

<sup>3</sup>*Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина*

*E-mail: fedoram37@gmail.com*

Описаны процессы комплексообразования бериллия с нитрат-ионом, кадмия и скандия с оксалат-ионом по методу относительной растворимости. Подтверждено образование комплексных ионов и определены их общие константы устойчивости. Доказана возможность применения метода относительной растворимости при описании процессов комплексообразования по данным ионного обмена и экстракции.

**Ключевые слова:** комплексные соединения, метод относительной растворимости, метод ионного обмена, экстракции, математическое описание, константы устойчивости.

### **ВВЕДЕНИЕ**

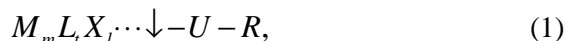
Математические методы обработки экспериментальных данных, применяемые при исследовании процессов комплексообразования в гетерогенных системах, имеют ряд существенных ограничений. Описание равновесных процессов комплексообразования затруднено, прежде всего, громоздкими расчётами, связанными с отсутствием уравнений общего вида для гетерогенных процессов, таких как, растворимость, ионный обмен, экстракция. Основной задачей данных исследований является установление состава и констант устойчивости растворимых комплексов.

В настоящей работе с помощью теории метода относительной растворимости (Relative solubility), разработанного А.М. Федоренко [1], предполагается описание процессов комплексообразования не только по изменению растворимости малорастворимого компонента, но и с применением таких свойств, как ионный обмен и экстракция.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

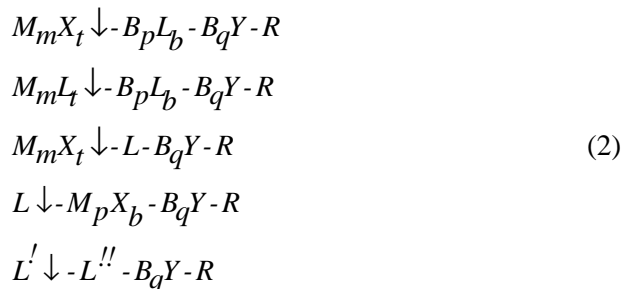
Метод относительной растворимости был апробирован при исследовании процессов комплексообразования в гетерогенных системах: 1) с осаждающими ионами; 2) с ионогенными и молекулярными растворимыми лигандами; 3) с ионогенным малорастворимым лигандом; 4) с молекулярным малорастворимым

лигандом. К этим типам систем относятся 14 разновидностей по составу малорастворимых соединений, которые входят в состав систем, представленных в общем виде:



где  $M_m L_t X_i \cdots \downarrow$  - малорастворимый электролит;  $U$  - растворимое соединение, диссоциирующее с образованием частиц  $M^{(b+)}$  или  $L^{(p-)}$  (в случае наличия комплексов с молекулярными лигандами  $U \equiv L$ );  $P$  - электролит, обеспечивающий постоянство ионной силы и pH смесей;  $R$  - любой растворитель.

В качестве важных примеров состава систем (1), относящихся к четырем типам систем, следует обратить внимание на такие сочетания компонентов:



При обработке экспериментальных значений по данным физико-химических свойств систем была предпринята попытка получить уравнение общего вида, которое могло быть использовано для описания всех типов гетерогенных систем (2):

$$F_k = \pm \left[ \frac{E_k}{E_e} \left( \frac{[W]_k}{[W]_e} \right)^f \cdot Z_e - Z_k \right] \frac{1}{[W]_k} = \sum_{ij} i \beta_{ij} [W']_k^{i-1} [W]_k^{j-1}, \quad (3)$$

где  $F_k$  - функция комплексообразования;  $E_k$  и  $E_e$  - изменение физико-химического свойства раствора, линейно связанного с растворимостью (коэффициент распределения, преломления, оптическая плотность, изменение плотности растворов, электропроводность и так далее);  $W_k$  и  $W_e$  - химическая форма, участвующая в комплексообразовании;  $f$  - показатель степени, учитывающий стехиометрический состав малорастворимой химической формы и зависит от типа систем;  $e$  и  $k$  - индексы, указывающие раствор без внесённой химической формы и номер раствора серии соответственно;  $Z_e$  - множитель, учитывающий комплексообразование с «индифферентным электролитом» (как правило,  $Z_e \approx Z \approx 1$ ).

После преобразования уравнения (3) для расчёта функции комплексообразования по данным растворимости малорастворимого вещества, ионного обмена или экстракции [2], была выведена следующее формула:

$$F = \pm \left[ \left( \frac{K_d}{K_{d0}} \right)^f - 1 \right] \frac{1}{[L]_i} = \sum_{i=1}^n \beta_k [L]_i^{i-1}, \quad (4) \quad \text{где}$$

$F$  - функция комплексообразования;  $K_d$  - коэффициент распределения ионов

кадмия, бериллия и скандия между катионитом и раствором в присутствии иона-комплексобразователя  $L$ ;  $K_{do}$  – коэффициент распределения ионов металла между катионитом и раствором в отсутствии иона-комплексобразователя;  $[L]_i$  – равновесная концентрация иона-комплексобразователя;  $\beta_k$  – общая константа устойчивости.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве подтверждения возможности использования уравнений общего вида (3) и (4) для описания равновесных процессов в гетерогенных системах по данным ионного обмена были выбраны три системы. В первой системе исследования проводились по изучению распределения  $Cd^{2+}$  между катионитом КУ–2 и растворами оксалата натрия [3]. Аналитические измерения выполнены с использованием радиометрического метода при  $pH = 7,25$ ,  $C_{Cd^{2+}} = 1,5 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup>; ионной силе 0,2–0,3 и  $t = 25$  °С. При расчете использовано уравнение (4) с отрицательным знаком для всех систем, исследованных по методу ионного обмена.

В результате математической обработки, нами получена информация о доминировании в указанной системе одного комплекса состава  $[Cd(C_2O_4)_2]^{2-}$ , константа устойчивости которого равна  $(5,7 \pm 0,6) \cdot 10^{-5}$ . Естественно, в системе присутствует два комплекса, о чем свидетельствует положительный угловой коэффициент, наблюдаемый на рис. 1. Но из-за неточности измерений возникло большое отклонение доверительного интервала. Авторами работы, изложенной в учебном пособии [3], установлено также доминирование второго комплекса с константой устойчивости, равной  $(6,7 \pm 0,6) \cdot 10^{-5}$ .

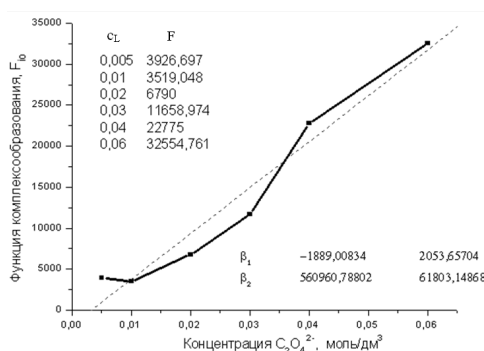


Рис. 1. Значения функции комплексообразования кадмия от концентрации оксалата натрия.

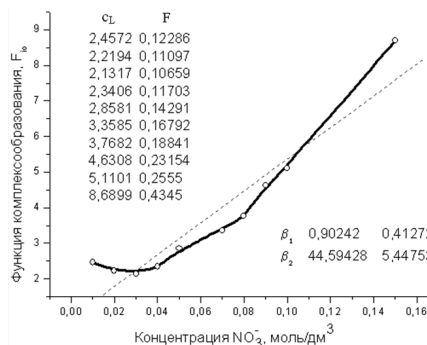


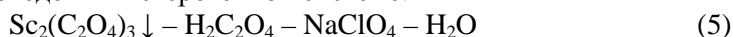
Рис. 2. Значения функции комплексообразования бериллия от концентрации азотной кислоты.

Во второй системе рассмотрено взаимодействие бериллия с азотной кислотой в присутствии хлорной кислоты [3]. Исследовано распределение меченого бериллия между катионитом КУ–2 и растворами. Применялся радиометрический метод при  $pH = 1,1$ ,  $C_{Be^{2+}} = 1,0 \cdot 10^{-6}$  моль/дм<sup>3</sup>,  $\mu = 0,5$ ,  $t = 18$  °С.

Применение уравнения (4) позволило установить доминирование двух комплексных ионов:  $[\text{BeNO}_3]^+$  и  $[\text{Be}(\text{NO}_3)_3]^0$ , рис. 2. Константы устойчивости, которых равны  $0,9 \pm 0,4$  и  $44,6 \pm 5,4$  соответственно. В работе [3] также указано доминирование двух комплексов, константы устойчивости которых равны  $0,25 \pm 0,05$  и  $41,6 \pm 2,6$  соответственно.

Изучение процессов комплексообразования скандия является актуальным и своевременным, в связи с большой потребностью данного металла в промышленности. В настоящей работе использован метод ионного обмена с применением математического аппарата метода относительной растворимости. Результаты ионного обмена заимствованы из работы Р.К. Гридасовой, И.В. Колосова, Б.Н. Иванова-Эмина, в которой эксперимент выполнен при постоянных значениях ионной силы  $\mu = 0,5$ ;  $\text{pH} = 3,0 \pm 0,02$  и температуре  $25^\circ\text{C}$  [4].

Исследования проведены в гетерогенной системе:



На основании констант устойчивости, рассчитанных с использованием методов относительной растворимости и ионного обмена, и использовании уравнения (4), нами установлено доминирование трех комплексных частиц:  $[\text{ScC}_2\text{O}_4]^+$ ,  $[\text{Sc}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^-$  и  $[\text{Sc}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ , константы устойчивости, которых равны  $(4,1 \pm 0,6) \cdot 10^5$ ,  $(1,6 \pm 0,6) \cdot 10^{10}$  и  $(1,5 \pm 0,8) \cdot 10^{14}$  соответственно.

Авторами работы [4] установлено доминирование двух комплексных частиц состава  $[\text{ScC}_2\text{O}_4]^+$ ,  $[\text{Sc}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^-$ , константы устойчивости равны  $(4,7 \pm 2,0) \cdot 10^5$  и  $(1,3 \pm 0,5) \cdot 10^{11}$  соответственно.

## ВЫВОДЫ

1. На основании проведенного математического анализа систем, исследованных методами ионного обмена и методом относительной растворимости (2), установлено хорошее их согласование по значениям, установленных констант устойчивости комплексов.
2. Имеются все основания утверждать, что выведенные математические уравнения метода относительной растворимости являются уравнениями «общего вида» для всех типов гетерогенных систем. Рекомендуется заменить название метода «Относительной растворимости (Relative solubility)» на метод «Относительных свойств (Relative properties)»

## Список литературы

1. Федоренко А.М. Метод относительной растворимости, теория и практика : Дис. док. хим. наук: 02.00.01. / Федоренко А.М. – Киев, 1992. – 415 с.
2. Копырин А.А. Исследование комплексообразования трехвалентных лантаноидов в водных нитратных растворах / А.А. Копырин, В.Е. Прояев, В.Н. Единакова // Коорд. Химия. – 1985. – Т.11. – Вып. 4. – С. 490–494.
3. Новаковский М.С. Лабораторные работы по химии комплексных соединений. / Новаковский М.С. – Харьков: Издат. Харьковского университета, 1972. – 232 с.
4. Гридасова Р. К., Колосов И. В., Иванова-Эмин Б. Н.. Исследование взаимодействия скандия и оксалат-иона методом ионного обмена // Радиохимия. – 1968. – Т. 10, № 1. – С. 37–42.

**Федоренко О.М.** Застосування методу відносної розчинності для опису процесів комплексоутворення в гетерогенних системах / **О.М. Федоренко, О.В. Сугак, А.О. Федоренко, В.М. Повстяной** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 274-278.

Описано процеси комплексоутворення берилію з нітрат-іоном, кадмію та скандію з оксалат-іоном за методом відносної розчинності. Підтверджено утворення комплексних іонів та визначено їх загальні константи стійкості. Доведена можливість застосування методу відносної розчинності при описі процесів комплексоутворення за даними іонного обміну та екстракції.

**Ключові слова:** комплексні сполуки, метод відносної розчинності, метод іонного обміну, екстракції, математичний опис, константи стійкості.

**Fedorenko A.M.** Application of the method to describe the relative solubility of the complex processes in heterogeneous processes / **A.M. Fedorenko, A.V. Sugak, A.A. Fedorenko, V.M. Povstyanoy** // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 274-278.

Described processes of complexation with beryllium nitrate ion, cadmium, scandium and with oxalate ion by the method of relative solubility. Confirmed the formation of complex ions and determine their overall stability constants. Proved the feasibility of applying the method of relative solubility in the description of complex processes according to the ion exchange.

**Keywords:** complex compounds, the method of relative solubility, the method of ion exchange, extraction, mathematical description of the stability constants.

*Поступила в редакцію 15.05.2012 г.*

УДК 546.650+547.77+548.3+535.372

## СИНТЕЗ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА БИЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ САМАРИЯ И ГАДОЛИНИЯ НА ОСНОВЕ ДИАЦИЛДИГИДРАЗОНОВ 3-МЕТИЛ-1-ФЕНИЛ-4-ФОРМИЛПИРАЗОЛ-5-ОНА

Шульгин В.Ф.<sup>1</sup>, Бекирова З.З.<sup>1</sup>, Конник О.В.<sup>2</sup>, Александров Г.Г.<sup>3</sup>, Еременко И.Л.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина

<sup>2</sup>Севастопольский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации, Севастополь, Украина

<sup>3</sup>Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва, Россия  
E-mail: vshul@crimea.edu

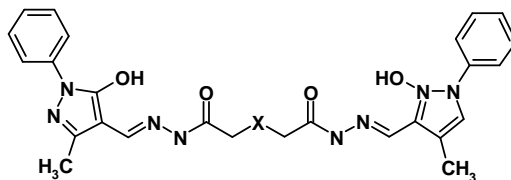
Описаны синтез и кристаллические структуры комплекса самария на основе диацилдигидразона оксодиуксусной кислоты и 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-она ( $H_4L$ ) состава  $[Sm_2L_3] \cdot 1,5H_2O \cdot 2,5CH_3OH$ , а также координационных соединений гадолиния на основе диацилдигидразонов оксодиуксусной, а также иминодиуксусной кислоты и 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-она состава  $[Gd_2L_3] \cdot 3Me_2SO \cdot 9CH_3OH \cdot 3H_2O$ .

**Ключевые слова.** самарий, гадолиний, 4-формилпиразол-5-он, ацилдигидразон, рентгеноструктурный анализ, кристаллическая структура.

### ВВЕДЕНИЕ

Неослабевающий интерес исследователей к координационным соединениям лантанидов вызван перспективой их использования для получения новых магнитных материалов, высокотемпературных сверхпроводников, светодиодов и реактивов для ранней диагностики онкологических заболеваний [1,2]. При их синтезе одной из наиболее важных задач является подбор лигандов, способных поглощать энергию возбуждения и передавать ее на излучающие уровни центрального атома, т.е. выполнять функцию фотоантенны. Широкое применение в качестве эффективных переносчиков энергии возбуждения к иону лантанида в люминесцирующих комплексах находят производные пиразола [2].

Целью настоящей работы является изучение особенностей молекулярного строения и кристаллической структуры комплексов самария (III) и гадолиния (III) на основе диацилдигидразонов 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-она и оксодиуксусной и иминодиуксусной кислот ( $H_4L^O$ , X = O;  $H_4L^N$ , X = NH).



## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Синтез бинуклеирующих лигандов проводили по следующей методике. К раствору 0,003 моля 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-она [3] в 20 мл этилового спирта добавили 0,0015 моль дигидразида соответствующей кислоты. Смесь перемешивали на магнитной мешалке при незначительном нагревании 2 часа. К образовавшейся суспензии добавили 10 мл пиридина и раствор 0,001 моль хлорида соответствующего лантанида в 15 мл спирта. Полученный раствор перемешивали на магнитной мешалке 30 мин и оставили на ночь. Образовавшийся осадок отделили фильтрованием, промыли этиловым спиртом и высушили на воздухе. Получены мелкокристаллические вещества светло-желтого цвета. Выход составил 70-75 %. Данные элементного, термогравиметрического анализа отвечают формуле  $[\text{Ln}_2(\text{H}_2\text{L})_3] \cdot \text{Solv}$ . Небольшое количество очень чистого образца можно получить перекристаллизацией из смеси диметилсульфоксид – вода (метанол). Сольватный состав при этом изменяется, но молекулярный состав комплекса остается постоянным.

$[\text{Sm}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{O}})_3] \cdot 12\text{H}_2\text{O} \cdot \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (1). Найдено, %: С 45,12; Н 4,57. Для состава  $\text{C}_{80}\text{H}_{102}\text{N}_{24}\text{O}_{28}\text{Sm}_2$  вычислено, %: С 44,73; Н 4,75.

$[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{O}})_3] \cdot 22\text{H}_2\text{O} \cdot 3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (2). Найдено, %: С 41,34; Н 5,16. Для состава  $\text{C}_{84}\text{H}_{134}\text{Gd}_2\text{N}_{24}\text{O}_{40}$  вычислено, %: С 41,45; Н 5,51.

$[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{N}})_3] \cdot 27\text{H}_2\text{O}$  (3). Найдено, %: С 39,08; Н 4,98. Для состава  $\text{C}_{78}\text{H}_{129}\text{Gd}_2\text{N}_{27}\text{O}_{39}$  вычислено, %: С 39,31; Н 5,42.

Кристаллы состава  $[\text{Sm}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{O}})_3] \cdot 1,5\text{H}_2\text{O} \cdot 2,5\text{CH}_3\text{OH}$  выращены перекристаллизацией из смеси диметилсульфоксид – метанол (1:1 по объему). Рентгеноструктурное исследование монокристалла с линейными размерами  $0,28 \times 0,26 \times 0,07$  мм проведено при температуре 173 К на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker Smart Apex II ( $\text{MoK}_\alpha$  - излучение, графитовый монохроматор,  $\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$ .) Сингония кристаллов ромбическая, пространственная группа  $R\bar{3}$ ,  $a = 17,0208(13)$ ,  $c = 66,360(5) \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$ ,  $V = 16649,2(18) \text{ \AA}^3$ . Для  $\text{C}_{80,5}\text{H}_{85}\text{N}_{24}\text{O}_{19}\text{Sm}_2$   $M_r = 1993,43$ ;  $Z = 6$ ;  $\mu = 1,11 \text{ мм}^{-1}$ . Варьирование  $\theta$  от  $1,4$  до  $27,5^\circ$ , сегмент сферы  $-22 \leq h \leq 22$ ,  $-22 \leq k \leq 15$ ,  $-79 \leq l \leq 86$ . Всего было собрано 31202 отражений, из которых 8505 являются симметрически независимыми (R-фактор усреднения 0,100). В уточнении использовано 5965 отражений с  $I > 2\sigma(I)$  (384 уточняемых параметров). Окончательные значения факторов расходимости  $R = 0,091$  и  $R_w = 0,262$ ;  $\text{GOOF} = 1,007$ . Остаточная электронная плотность из разностного ряда Фурье составляет  $4,05$  и  $-4,15 \text{ e/\AA}^3$ .

Кристаллы состава  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{O}})_3] \cdot 3\text{Me}_2\text{SO} \cdot 9\text{CH}_3\text{OH} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  выращены перекристаллизацией из смеси диметилсульфоксид – метанол (1:1 по объему). Рентгеноструктурное исследование монокристалла с линейными размерами  $0,25 \times 0,22 \times 0,07$  мм проведено при температуре 173 К на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker Smart Apex II ( $\text{MoK}_\alpha$  -излучение, графитовый монохроматор,  $\lambda = 0,71073 \text{ \AA}$ .) Сингония кристаллов ромбическая, пространственная группа  $R\bar{3}$ ,  $a = 17,2731(15)$ ,  $c = 66,569(6) \text{ \AA}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$ ,  $V = 17201(2) \text{ \AA}^3$ . Для  $\text{C}_{93}\text{H}_{129}\text{Gd}_2\text{N}_{24}\text{O}_{30}\text{S}_3$   $M_r = 2473,88$ ;  $Z = 6$ ;  $\mu = 1,28 \text{ мм}^{-1}$ . Варьирование



$\theta$  от 2,4 до 21,8 °, сегмент сферы  $-23 \leq h \leq 13$ ,  $-21 \leq k \leq 23$ ,  $-84 \leq l \leq 88$ . Всего было собрано 27565 отражений, из которых 9415 являются симметрически независимыми (R-фактор усреднения 0,081). В уточнении использовано 5063 отражений с  $I > 2\sigma(I)$  (422 уточняемых параметров). Окончательные значения факторов расходимости  $R = 0,068$  и  $R_w = 0,240$ ;  $GOOF = 1,001$ . Остаточная электронная плотность из разностного ряда Фурье составляет 2,19 и  $-0,93 \text{ e}/\text{Å}^3$ .

Кристаллы состава  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{N}})_3] \cdot 3\text{Me}_2\text{SO} \cdot 9\text{CH}_3\text{OH} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  выращены перекристаллизацией из смеси диметилсульфоксид – метанол (1:1 по объему). Рентгеноструктурное исследование монокристалла с линейными размерами  $0,25 \times 0,22 \times 0,07$  мм проведено при температуре 173 К на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker Smart Apex II ( $\text{MoK}_\alpha$ -излучение, графитовый монохроматор,  $\lambda = 0,71073 \text{ Å}$ .) Сингония кристаллов ромбическая, пространственная группа  $R\bar{3}$ ,  $a = 17,3545(11)$ ,  $c = 66,034(4) \text{ Å}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$ ,  $V = 17223,5(15) \text{ Å}^3$ . Для  $\text{C}_{93}\text{H}_{132}\text{Gd}_2\text{N}_{27}\text{O}_{27}\text{S}_3$   $M_r = 2470,94$ ;  $Z = 6$ ;  $\mu = 1,28 \text{ мм}^{-1}$ . Варьирование  $\theta$  от 2,4 до 24,0 °, сегмент сферы  $-18 \leq h \leq 23$ ,  $-23 \leq k \leq 23$ ,  $-90 \leq l \leq 71$ . Всего было собрано 31401 отражений, из которых 10068 являются симметрически независимыми (R-фактор усреднения 0,051). В уточнении использовано 6646 отражений с  $I > 2\sigma(I)$  (427 уточняемых параметров). Окончательные значения факторов расходимости  $R = 0,062$  и  $R_w = 0,217$ ;  $GOOF = 1,001$ . Остаточная электронная плотность из разностного ряда Фурье составляет 1,87 и  $-1,80 \text{ e}/\text{Å}^3$ .

Учет поглощения в кристаллах выполнен по методу азимутального сканирования. Структуры расшифрованы прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в полноматричном анизотропном приближении с использованием комплекса программ SHELXS-97 и SHELXL-97 [4]. Атомы водорода посажены геометрически и их позиции уточнялись в модели "наездника". Полный набор рентгеноструктурных данных будет депонирован в Кембриджском банке структурных данных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным рентгеноструктурного анализа молекула координационного соединения  $[\text{Sm}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{O}})_3] \cdot 1,5\text{H}_2\text{O} \cdot 2,5\text{CH}_3\text{OH}$  имеет биядерное строение и кристаллографическую симметрию  $C_3$ . Общий вид молекулы и нумерация атомов представлены на рис. 1, значения основных длин связей и валентных углов приведены в табл. 1. На рис. 2. показан фрагмент молекулярной структуры комплекса, иллюстрирующий координацию одного из трех бинуклеирующих лигандов.

Внешнесферные молекулы воды и спирта частично разупорядочены, неупорядочены также атомы Sm(1), которые занимает две позиции с заселенностями 0,4 и 0,6. При этом расстояние Sm(1)... Sm(2) составляет 8,186 и 8,314 Å соответственно.

Координационные полиэдры катионов самария образованы тремя эквивалентными группами атомов азота и кислорода депротонированной

гидразонной группировки и связаны тремя -CH<sub>2</sub>OCH<sub>2</sub>- мостиками. Подобная структура была описана ранее для комплекса лантана с сукцинилдигидразоном 3-метил-1-фенил-4-формилпиразолон-5-ом [5] и комплекса церия с бис(салициденгидразоном) малоновой кислоты [6]. По-видимому, данная молекулярная архитектура является типичной для комплексов лантанидов с протяженными бинуклеирующими лигандами.

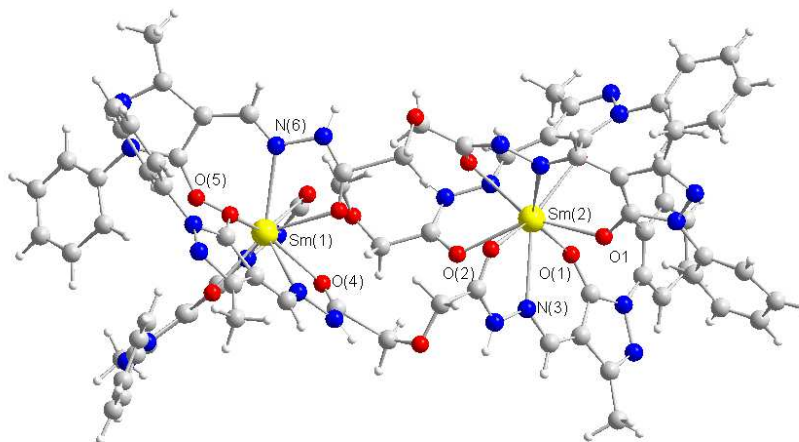


Рис. 1. Общий вид и нумерация донорных атомов комплекса [Sm<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>L)<sub>3</sub>].

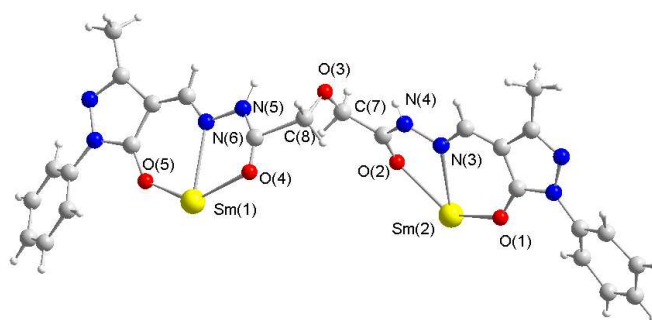


Рис.2. Фрагмент молекулярной структуры комплекса [Sm<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>L)<sub>3</sub>].

Геометрия координационного полиэдра может быть описана как слегка искаженная горизонтальная трехшпичная тригональная призма, основания которой образованы атомами кислорода, и атомы азота образуют шапки.

Длины связей самарий – кислород варьируют в довольно широком диапазоне 2.325 – 2.390 Å и находятся на верхнем пределе значений, характерных для мономерных алкоксидов и феноксидов лантанидов (1,89 – 2,46 Å) [7]. Длины связей самарий – азот практически одинаковы и находятся в интервале 2.570 – 2.574 Å. Длины связей в пределах органических лигандов имеют обычные значения, за

исключением сильно удлинённых связей C(8)-C(9) (1,838 Å). Длины структурно эквивалентных связей C(6)-C(7) составляют 1,505 Å.

**Таблица 1.**  
Длины связей и избранные валентные углы в координационном полиэдре комплекса  $[\text{Sm}_2(\text{H}_2\text{L}^0)_3]$  (соединение 1,а)

Связь	$d/\text{Å}$	Угол	$\omega/\text{град}$
Sm1—O4	2,39(2)	O1—Sm2—O2 <sup>ii</sup>	90,1 (3)
Sm1—O5	2,325(12)	O1 <sup>i</sup> —Sm2—O2 <sup>ii</sup>	143,2 (4)
Sm1—N6	2,57(2)	O1 <sup>ii</sup> —Sm2—O2 <sup>ii</sup>	133,8 (3)
Sm1A—O4	2,357 (18)	O2 <sup>i</sup> —Sm2—O2 <sup>ii</sup>	72,9 (4)
Sm1A—O4 <sup>i</sup>	2,81 (2)	O1—Sm2—O2	133,8 (3)
Sm1A—O4 <sup>ii</sup>	2,364 (18)	O1 <sup>i</sup> —Sm2—O2	90,1 (3)
Sm1A—O5	2,637 (13)	O1 <sup>ii</sup> —Sm2—O2	143,2 (4)
Sm1A—O5 <sup>i</sup>	2,116 (12)	O2 <sup>i</sup> —Sm2—O2	72,9 (4)
Sm1A—O5 <sup>ii</sup>	2,111 (13)	O2 <sup>ii</sup> —Sm2—O2	72,9 (4)
Sm1A—N6	2,84 (2)	O1—Sm2—N3 <sup>i</sup>	145,0 (3)
Sm1A—N6	2,84 (2)	O1 <sup>ii</sup> —Sm2—N3 <sup>i</sup>	76,9 (4)
Sm1A—N6 <sup>ii</sup>	2,11 (2)	O2 <sup>i</sup> —Sm2—N3 <sup>i</sup>	60,9 (3)
Sm2—O1	2,371 (9)	O2 <sup>ii</sup> —Sm2—N3 <sup>i</sup>	124,9 (3)
Sm2—O2	2,509 (9)	O2—Sm2—N3 <sup>i</sup>	66,3 (4)
Sm2—N3	2,629 (11)	O1—Sm2—N3 <sup>ii</sup>	76,9 (4)

Комплекс  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^0)_3] \cdot 3\text{Me}_2\text{SO} \cdot 9\text{CH}_3\text{OH} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  по данным рентгеноструктурного анализа также имеет биядерное строение. Катионы гадолиния находятся на расстоянии 8,217 Å друг от друга и структурно эквивалентны. Общий вид молекулы и нумерация атомов представлены на рис. 3 и 4, значения длин отдельных связей и валентных углов приведены в табл. 2. Молекулы диметилсульфоксида, метанола и воды занимают внешнесферное положение, частично раупорядочены и связаны сложной сетью водородных связей.

Координационные полиэдры катионов гадолиния образованы тремя эквивалентными группами атомов азота и кислорода депротонированной

гидразонной группировки и имеют геометрию горизонтальной трехшапочной тригональной призмы, основания которой образованы атомами кислорода, а атомы азота образуют вершины над тетрагональными гранями.

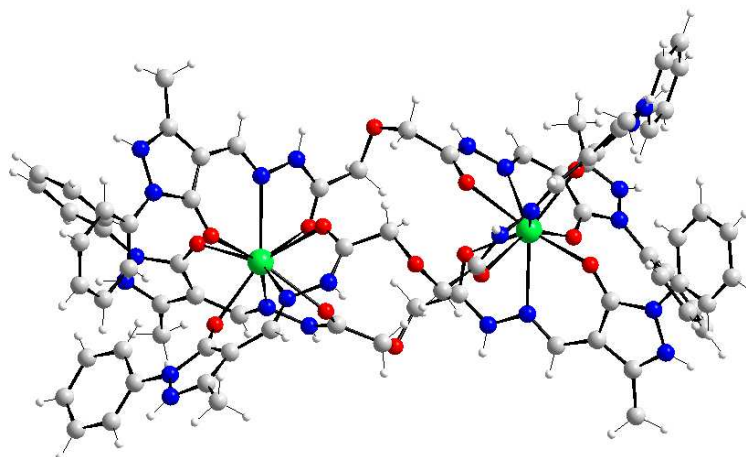


Рис. 3. Общий вид молекулы комплекса  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{O}})_3]$ .

Комплекс  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{N}})_3] \cdot 3\text{Me}_2\text{SO} \cdot 9\text{CH}_3\text{OH} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  по данным рентгеноструктурного анализа имеет аналогичное строение. Катионы гадолиния находятся на расстоянии 8.181 Å друг от друга. Общий вид молекулы и нумерация атомов представлены на рис. 5 и 6, избранные длины связей и значения валентных углов приведены в табл. 3. Молекулы диметилсульфоксида, метанола и воды занимают внешнесферное положение, частично разупорядочены и связаны сложной сетью водородных связей.

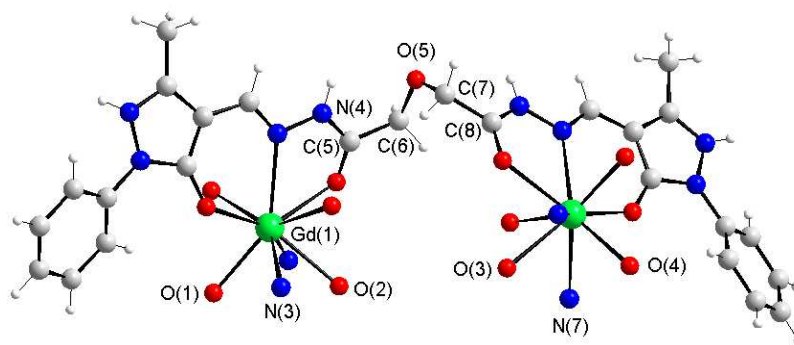


Рис. 4. Фрагмент молекулярной структуры и нумерация атомов комплекса  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{O}})_3]$ .

Таблица 2.  
Основные длины связей и валентные углы для комплекса  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{O}})_3]$

Связь	$d/\text{Å}$	Угол	$\omega/\text{град}$
Gd1—O1	2,359 (5)	O1 <sup>ii</sup> —Gd1—O1	78,1 (2)
Gd1—O1 <sup>i</sup>	2,359 (5)	O1 <sup>i</sup> —Gd1—O1 <sup>ii</sup>	78,1 (2)
Gd1—O1 <sup>ii</sup>	2,359 (5)	O1 <sup>i</sup> —Gd1—O1	78,1 (2)
Gd1—O2	2,471 (5)	O1—Gd1—O2 <sup>ii</sup>	89,93 (18)
Gd1—O2 <sup>i</sup>	2,471 (5)	O1 <sup>ii</sup> —Gd1—O2 <sup>ii</sup>	135,77 (19)
Gd1—O2 <sup>ii</sup>	2,471 (5)	O1 <sup>i</sup> —Gd1—O2 <sup>ii</sup>	141,13 (19)
Gd1—N3	2,583 (7)	O1 <sup>ii</sup> —Gd1—O2 <sup>i</sup>	89,93 (18)
Gd1—N3 <sup>i</sup>	2,583 (7)	O1—Gd1—O2 <sup>i</sup>	141,13 (19)
Gd1—N3 <sup>ii</sup>	2,583 (7)	O1 <sup>i</sup> —Gd1—O2 <sup>i</sup>	135,76 (19)

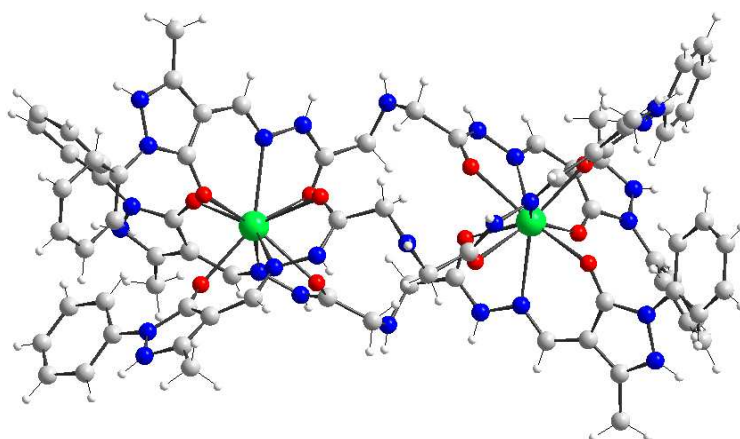


Рис. 5. Общий вид молекулы комплекса  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{N}})_3]$ .

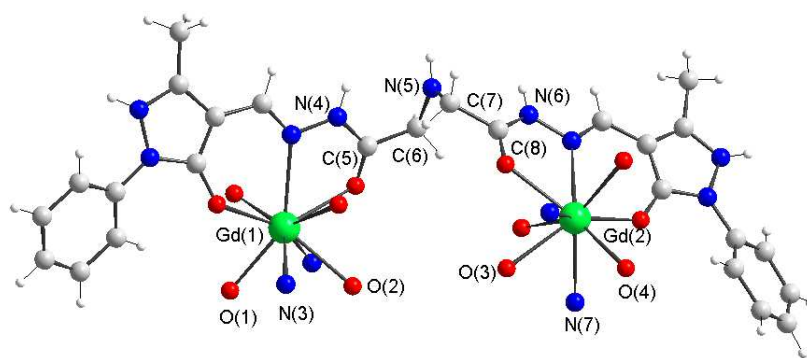


Рис. 6. Фрагмент молекулярной структуры и нумерация атомов комплекса  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{N}})_3]$ .

**Таблица 3.**  
Избранные длины связей и валентные углы для комплекса  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{N}})_3]$

Связь	$d/\text{Å}$	Угол	$\omega/\text{град}$
Gd1—O1	2,344 (4)	O1 <sup>ii</sup> —Gd1—O1	78,02 (17)
Gd1—O1 <sup>i</sup>	2,344 (4)	O1 <sup>i</sup> —Gd1—O1 <sup>ii</sup>	78,02 (17)
Gd1—O1 <sup>ii</sup>	2,344 (4)	O1 <sup>i</sup> —Gd1—O1	78,02 (17)
Gd1—O2	2,497 (5)	O1—Gd1—O2 <sup>ii</sup>	90,24 (17)
Gd1—O2 <sup>i</sup>	2,497 (5)	O1 <sup>ii</sup> —Gd1—O2 <sup>ii</sup>	135,7 (2)
Gd1—O2 <sup>ii</sup>	2,497 (5)	O1 <sup>i</sup> —Gd1—O2 <sup>ii</sup>	141,4 (2)
Gd1—N3	2,615 (6)	O1—Gd1—O2 <sup>i</sup>	141,4 (2)
Gd1—N3 <sup>i</sup>	2,615 (6)	O1 <sup>ii</sup> —Gd1—O2 <sup>i</sup>	90,24 (17)
Gd1—N3 <sup>ii</sup>	2,615 (6)	O1 <sup>i</sup> —Gd1—O2 <sup>i</sup>	135,7 (2)

#### ВЫВОД

В результате проведенного исследования объективно установлена молекулярная структура биядерных комплексов самария (III) и гадолиния (III) на основе диацетилблгидразонов 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-она и оксодиуксусной или иминодиуксусной кислот состава  $[\text{Sm}_2(\text{H}_2\text{L}^{\text{O}})_3] \cdot 1,5\text{H}_2\text{O} \cdot 2,5\text{CH}_3\text{OH}$  и  $[\text{Gd}_2(\text{H}_2\text{L})_3] \cdot 3\text{Me}_2\text{SO} \cdot 9\text{CH}_3\text{OH} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Установлено, что комплексы имеют однотипное биядерное строение и содержат катионы лантанида, связанные тремя бинуклеирующими трехдентатыми лигандами.

Список литературы

1. Каткова М.А. Координационные соединения редкоземельных металлов с органическими лигандами для электролюминесцентных диодов / М.А. Каткова, А.Г. Витухновский, М.Н. Бочкарев // Успехи химии. – 2005. – Т. 74. - № 12. – С. 1194–1214.
2. Кузьмина Н. П. Фото- и электролюминесценция координационных соединений РЗЭ(III) / Н. П. Кузьмина, С. В. Елисеева // Журн. неорганической химии. – 2006 – Т. 51. - № 1. – С. 80–96.
3. Квитко И. Я. О строении продукта гидролиза 1-фенил-3-метил-4-диметиламинометил-5-пиразолона / И. Я. Квитко, Б. А. Порай-Кошиц // ЖОХ. – 1964. – Т. 34, № 9. – С. 3005–3012.
4. Sheldrick G. M. SHELX97. Program for the Solution of Crystal Structures / G. M. Sheldrick. - Göttingen University, Göttingen (Germany), 1997.
5. Молекулярное строение биядерного комплекса лантана с сукцинилдигидразоном 1-фенил-3-метил-4-формилпиразолона-5 / В. Ф. Шульгин, З. З. Бекирова., О. В. Конник [и др.] // Ученые записки ТНУ им. В.И.Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24(63). – № 2. – С. 220–224.
6. Zhu Xiang. Cerium-based triple-stranded helicates as luminescent chemosensors for the selective sensing of magnesium ions / Xiang Zhu, Cheng He, Dapeng Dong [et al] // Dalton Transactions. – 2010. - Vol. 39. – № 42 – P. 1005–10055.
7. Boyle T. Advanced in Structurally Characterized Lanthanide Alkoxide, Aryloxy, and Silyloxy Compounds / T. Boyle, A. M. Ottley // Chem. Rev. – 2008. – Vol. 108. – № 6. – P. 1896–1917.
8. Allen F. H. Tables of lengths determined by X-ray and neutron diffraction. Part 1. Bond lengths in organic compounds / F. H. Allen, O. Kennard, D. G. Watson [et al.] // J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2 – 1987. – Pt. 2. – № 12. – P. 1–19.
9. Larin G. M. Weak Spin-Spin Exchange Coupling in Copper(II) Dimers with Long Copper-Copper Distances / G. M. Larin, V. F. Shul'gin // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2006. – Vol. 51. – Suppl.1. – P. S28–S48.
10. Ларин Г. М. Обменные взаимодействия в биядерных комплексах меди(II) с ацилдигидразонами предельных дикарбоновых кислот / Г. М. Ларин, В. В. Минин, В. Ф. Шульгин // Успехи химии. – 2008. – Т. 77, № 5. – С. 477–491.

**Шульгин В.Ф. Синтез та молекулярна структура биядерних комплексів самарію та гадолінію на основі диацільдигідрозонів 3-метил-1-феніл-4-формілпіразол-5-ону / В.Ф. Шульгин, З.З. Бекірова, О.В. Конник, Г.Г. Олександров, І.І. Єрьоменко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 279-287.**

Описано синтез та кристалічні структури комплексу самарію на основі диацільдигідрозону оксодіацетової кислоти і 3-метил-1-феніл-4-формілпіразол-5-ону ( $H_4L$ ) складу  $[Sm_2L_3] \cdot 1,5H_2O \cdot 2,5CH_3OH$ , а також координаційні сполуки гадолінію на основі диацільдигідрозонів оксодіацетової, а також імінодіацетової кислоти і 3-метил-1-феніл-4-формілпіразол-5-ону складу  $[Gd_2L_3] \cdot 3Me_2SO \cdot 9CH_3OH \cdot 3H_2O$ .

**Ключові слова.** самарій, гадоліній, 4-формілпіразол-5-он, ацилдигідрозон, рентгеноструктурний аналіз, кристалічна структура.

**Shul'gin V.F. Synthesis and structure of the binuclear samarium and gadolinium complexes on base the acylhydrazones of 3-methyl-1-phenyl-4-formylpyrazol-5-one / V.F. Shul'gin, Z.Z. Bekirova, O.V. Konnic, G.G. Aleksandrov, I.I. Eremenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 279-287.**

The synthesis and crystal structures of samarium complex on bases of the acylhydrazones of oxodiacetic acid and 3-methyl-1-phenyl-4-formylpyrazol-5-one ( $H_4L$ ) with composition  $[Sm_2L_3] \cdot 1,5H_2O \cdot 2,5CH_3OH$  and gadolinium complexes on bases acylhydrazones of oxodiacetic acid and iminodiacetic acid and 3-methyl-1-phenyl-4-formylpyrazol-5-one ( $H_4L$ ) by composition  $[Gd_2L_3] \cdot 3Me_2SO \cdot 9CH_3OH \cdot 3H_2O$  has been described.

**Keywords.** samarium, gadolinium, 4-formylpyrazol-5-one, acylhydrazones, X-Ray analysis, crystal structure.

Поступила в редакцію 10.05.2012 г.

УДК 547.918:547.587.11:543.42

## МОЛЕКУЛЯРНОЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С АСПИРИНОМ

Яковишин Л.А.<sup>1</sup>, Гришкова В.И.<sup>2</sup>, Корж Е.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина

<sup>2</sup>Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Впервые методом ИК-Фурье-спектроскопии исследовано взаимодействие 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозид хедерагенина ( $\alpha$ -хедерина) и его 28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозилового эфира (хедерасопонина С) с аспирином. Межмолекулярное взаимодействие обусловлено образованием водородных связей.

**Ключевые слова.** тритерпеновые гликозиды,  $\alpha$ -хедерин, хедерасопонин С, аспирин, молекулярный комплекс, ИК-Фурье-спектроскопия.

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее время интенсивно изучается молекулярное комплексообразование растительных тритерпеновых гликозидов с различными биологически активными соединениями. Это перспективное направление можно использовать для снижения терапевтических доз, улучшения растворимости, повышения биодоступности и расширения спектра биологической активности лекарственных веществ [1–3].

Наиболее подробно изучены комплексы глицирризиновой кислоты, преобладающего гликозида солодки [1, 2]. Описаны молекулярные комплексы глицирризиновой кислоты с аспирином (ацетилсалициловой кислотой, рис. 1) [4–7]. Аспирин является нестероидным противовоспалительным средством и ненаркотическим анальгетиком-антипиретиком [8]. Комплексы аспирина с глицирризиновой кислотой оказались менее токсичными и язвеногенными, а также обладали большей широтой противовоспалительного действия по сравнению с исходным аспирином [1, 2, 4–7]. Полученные комплексы были охарактеризованы УФ- и ИК-спектроскопически [5].

Недавно начато изучение молекулярных комплексов главных тритерпеновых гликозидов плюща (рис. 1)  $\alpha$ -хедерина (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозид хедерагенина, гликозида **1**) и хедерасопонина С (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозид хедерагенина, гликозида **2**) [3]. При этом ИК-спектроскопическое исследование комплексообразования аспирина с гликозидами **1** и **2** ранее не проводилось.



МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гликозиды **1** и **2** выделяли из листьев плющей *Hedera taurica* Carr. и *Hedera canariensis* Willd. (Araliaceae Juss.) и подтверждали их строение по методикам, приведенным в работах [9, 10]. Комплекс **1** получали путем смешивания растворов, содержащих по 1 ммоль гликозида и 1 ммоль аспирина, а гликозида **2** – в молярном соотношении 1:2 соответственно (растворитель – смесь 70%-ного водного раствора C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH и CHCl<sub>3</sub> в соотношении 3:1 по объему). Полученную смесь выдерживали при 40 °С в течение 1.5 ч при постоянном перемешивании. Органические растворители отгоняли в вакууме.

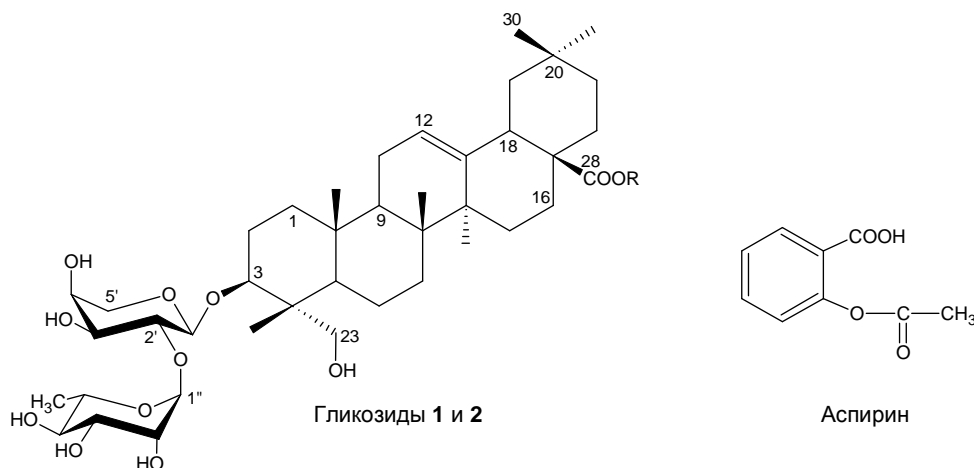


Рис. 1. Строение аспирина и тритерпеновых гликозидов **1** (R=H) и **2** (R=←βGlc<sub>p</sub>-(6←1)-βGlc<sub>p</sub>-(4←1)-αRha<sub>p</sub>).

ИК-спектры сняты на ИК-Фурье-спектрометре ИнфралЮМ® ФТ-02 (Россия) в суспензии в вазелиновом масле при разрешении 1 см<sup>-1</sup> в диапазоне 400–4000 см<sup>-1</sup>.

**ИК-спектр гликозида 1** (вазелиновое масло, ν, см<sup>-1</sup>): ~3360 (OH), 2727 (OH), 2670 (OH), 1698 (C=O), 1647 (C=C), 1341 (CH), 1305 (CH, CO, OH), 1268 (CH), 1234 (CH), 1207 (CH), 1140 (C–O–C, C–OH), 1075 (C–O–C, C–OH), 1050 (C–O–C, C–OH), 1029 (C–O–C, C–OH), 1009 (C–O–C, C–OH), 981 (C–O–C, C–OH, =CH), 913 (OH).

**ИК-спектр гликозида 2** (вазелиновое масло, ν, см<sup>-1</sup>): ~3330 (OH), 2725 (OH), 2677 (OH), 1729 (C=O), 1647 (C=C), 1340 (CH), 1303 (CH), 1262 (CH), 1232 (CH), 1205 (CH), 1139 (C–O–C, C–OH), 1059 (C–O–C, C–OH), 1030 (C–O–C, C–OH), 981 (C–O–C, C–OH, =CH), 917 (OH).

**ИК-спектр аспирина** (вазелиновое масло, ν, см<sup>-1</sup>): ~3300–2500 (OH), 2695 (OH), 2662 (OH), 2585 (OH), 2545 (OH), 1753 (C=O<sub>Ac</sub>), 1692 (C=O<sub>Ar</sub>), 1606 (Ar), 1575 (Ar), 1507 (Ar), 1483 (Ar), 1339 (CH), 1308 (CO, OH), 1288 (CH<sub>Ar</sub>), 1221 (CO<sub>Ac</sub>), 1188 (C<sub>Ar</sub>O), 1135 (CO), 1095 (Ar), 1013 (Ar), 918 (OH), 755 (Ar), 705 (Ar).

**ИК-спектр комплекса аспирина и гликозида 1** (вазелиновое масло,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): ~3360 (ОН), 2689 (ОН), 2664 (ОН), 2577 (ОН), 2540 (ОН), 1752 ( $\text{C}=\text{O}_{\text{Ac}}$ ), 1689 ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1606 (Ar), 1577 (Ar), 1508 (Ar), 1481 (Ar), 1339 (CH), 1306 (CO, ОН, CH), 1288 ( $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 1221 ( $\text{CO}_{\text{Ac}}$ ), 1188 ( $\text{C}_{\text{Ar}}\text{O}$ ), 1136 (CO), 1095 ( $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 1070 (C–O–C, C–ОН), 1051 (C–O–C, C–ОН), 1031 (C–O–C, C–ОН), 1013 (Ar), 917 (ОН), 755 (Ar), 705 (Ar).

**ИК-спектр комплекса аспирина и гликозида 2** (вазелиновое масло,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ): ~3340 (ОН), 2671 (ОН), 2584 (ОН), 2540 (ОН), 1752 ( $\text{C}=\text{O}_{\text{Ac}}$ ), 1730 ( $\text{C}=\text{O}$ ), 1690 ( $\text{C}=\text{O}_{\text{Ar}}$ ), 1606 (Ar), 1575 (Ar), 1507 (Ar), 1481 (Ar), 1339 (CH), 1307 (CO, ОН, CH), 1287 ( $\text{CH}_{\text{Ar}}$ ), 1221 ( $\text{CO}_{\text{Ac}}$ ), 1189 ( $\text{C}_{\text{Ar}}\text{O}$ ), 1135 (CO), 1095 (Ar), 1052 (C–O–C, C–ОН), 1030 (C–O–C, C–ОН), 1013 (Ar), 917 (ОН), 756 (Ar), 705 (Ar).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ИК-спектроскопия является универсальным методом для анализа молекулярного комплексообразования. Поэтому ее часто используют для подтверждения межмолекулярных взаимодействий [11, 12].

В ИК-спектрах всех образцов присутствуют интенсивные пики колебаний связей СН вазелинового масла ( $\nu_{\text{CH}}$  ~2900, 1460 и 1380  $\text{см}^{-1}$ ). В спектрах гликозидов **1** и **2** в области 3330–3360  $\text{см}^{-1}$  обнаружены широкие интенсивные полосы, соответствующие валентным колебаниям связей ОН. Валентные колебания связей C–O–C и C–ОН в молекулах гликозидов **1** и **2** найдены в области 1200–1000  $\text{см}^{-1}$ . В области 1400–1200  $\text{см}^{-1}$  поглощают связи СН (деформационные колебания). Связь C=O в карбоксильной группе гликозида **1** поглощает при 1698  $\text{см}^{-1}$ , а в сложноэфирной группе гликозида **2** – при 1729  $\text{см}^{-1}$ . Поглощение при 1647  $\text{см}^{-1}$  у гликозидов **1** и **2** обусловлено тризамещенной двойной связью агликона хедерагенина.

В ИК-спектре аспирина поглощение группы ОН находится в области 3300–2500  $\text{см}^{-1}$ . Полосы, соответствующие асимметричным валентным колебаниям связей СО, обнаружены при 1753 и 1692  $\text{см}^{-1}$ . Интенсивная «ацетатная полоса» (валентные колебания связей =C–O–C и C–O–C) проявляется при 1221  $\text{см}^{-1}$ . Область ниже 900  $\text{см}^{-1}$  характерна для неплоских деформационных колебаний связей C–Н ароматического кольца.

При образовании комплекса с аспирином отмечено низкочастотное смещение полосы  $\nu_{\text{C}=\text{O}}$  гликозида **1** на 9  $\text{см}^{-1}$  (рис. 2). При этом у аспирина сдвиг полосы поглощения связи C=O в составе карбоксильной группы составляет только 3  $\text{см}^{-1}$ . Ранее отмечалось, что смещение максимумов поглощения группы C=O у глицирризиновой кислоты в ее комплексах с аспирином и другими нестероидными противовоспалительными веществами составляло 10–20  $\text{см}^{-1}$  [5].

Полоса поглощения с участием связи C–O, найденная в ИК-спектре исходного гликозида **1** при 1075  $\text{см}^{-1}$ , сдвигается при комплексообразовании на -5  $\text{см}^{-1}$ . Кроме того, в спектре комплекса отсутствует полоса при 1141  $\text{см}^{-1}$ , характерная для индивидуального гликозида **1**. Также происходит смещение полосы неплоских деформационных колебаний связи O–H гликозида **1** с 913  $\text{см}^{-1}$  до 917  $\text{см}^{-1}$ . У аспирина эта полоса практически не сдвигается.

Проследить сдвиг основного максимума поглощения связи ОН в карбоксильной группе аспирина (область  $3000\text{--}2800\text{ см}^{-1}$ ) при комплексообразовании с гликозидами не удастся, т.к. он перекрыт полосами поглощения связей СН вазелинового масла. Однако, при комплексообразовании с гликозидами на его низкочастотной стороне в области  $2750\text{--}2500\text{ см}^{-1}$  отмечено смещение менее интенсивных полос поглощения. Также в этом диапазоне наблюдается сдвиг максимумов поглощения связей ОН гликозидов.

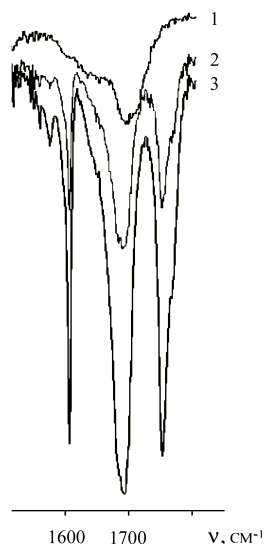


Рис. 2. Фрагменты ИК-Фурье-спектров гликозида **1** (1), комплекса гликозида **1** с аспирином (2) и аспирина (3).

В ИК-спектре смеси гликозида **2** и аспирина наблюдается смещение одной из полос поглощения с участием связи С–О на  $-7\text{ см}^{-1}$ . В комплексе она проявилась при  $1052\text{ см}^{-1}$ .

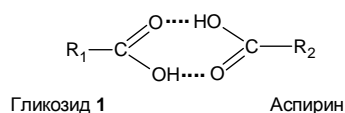


Рис. 3. Образование водородных связей при межмолекулярном взаимодействии гликозида **1** с аспирином.

Таким образом, наиболее значительные спектральные изменения наблюдаются при образовании комплекса аспирина с монодесмозидным гликозидом **1**. Очевидно, что это связано с наличием карбоксильной группы в его молекуле. При

взаимодействии гликозидов с аспирином происходит разрушение их собственных самоассоциатов и формирование новых друг с другом. Спектральные данные указывают на образование межмолекулярных водородных связей с участием карбоксильных групп гликозида **1** и аспирина (рис. 3). Также возможно образование водородных связей между ОН-группами углеводной части гликозида **1** и группой СООН аспирина. Гликозид **2** формирует межмолекулярные водородные связи между гидроксильными группами своих моносахаридных остатков и карбоксильной группой аспирина.

### ВЫВОДЫ

1. Впервые методом ИК-Фурье-спектроскопии исследовано взаимодействие аспирина с гликозидами **1** и **2**.
2. Взаимодействие аспирина с гликозидами обусловлено образованием межмолекулярных водородных связей.

### Список литературы

1. Солодка: Биоразнообразие, химия, применение в медицине / [Г.А. Толстикова, Л.А. Балтина, В.П. Гранкина и др.]. – Новосибирск: Гео, 2007. – 311 с.
2. Tolstikova T.G. The complexes of drugs with carbohydrate-containing plant metabolites as pharmacologically promising agents / T.G. Tolstikova, M.V. Khvostov, A.O. Bryzgalov // Mini Rev. Med. Chem. – 2009. – Vol. 9, № 11. – P. 1317–1328.
3. Molecular complexation of ivy saponins with some drugs and biologically active substances / L.A. Yakovishin, V.I. Grishkovets, G. Schroeder, N.I. Borisenko // Functionalized molecules – synthesis, properties and application; ed. V.I. Rybachenko. – Donetsk: Schidnyj wydawnyczyj dim, 2010. – Chapter 4. – P. 85–103.
4. Толстикова Г.А. Комплексы β-глицирризиновой кислоты с лекарственными веществами как новые транспортные формы / Г.А. Толстикова, Ю.И. Муринов, Л.А. Балтина // Хим.-фарм. журн. – 1990. – № 8. – С. 26–27.
5. Комплексы β-глицирризиновой кислоты с нестероидными противовоспалительными средствами как новые транспортные формы / Г.А. Толстикова, Л.А. Балтина, Ю.И. Муринов [и др.] // Хим.-фарм. журн. – 1991. – № 2. – С. 29–32.
6. Получение и исследование ulcerогенной активности быстрорастворимых твердых дисперсных систем на основе ацетилсалициловой кислоты и биологически активных соединений солодки / А.В. Душкин, Л.М. Карнатовская, Е.Н. Чабуева [и др.] // Хим.-фарм. журн. – 2001. – № 11. – С. 21–23.
7. Фармакологическая активность комплексов нестероидных противовоспалительных препаратов с глицирризиновой кислотой, полученных методами жидкофазного и твердофазного синтеза / И.В. Сорокина, Т.Г. Толстикова, М.П. Долгих [и др.] // Хим.-фарм. журн. – 2002. – № 1. – С. 12–13.
8. Машковский М.Д. Лекарственные средства: в 2 т. / М.Д. Машковский. – [13-е изд.]. – Харьков: Торсинг, 1997. – Т. 1. – 1997. – 560 с.
9. Тритерпеновые гликозиды *Hedera taurica* I. Строение таурозидов Е из листьев *Hedera taurica* / А.С. Шашков, В.И. Гришковец, А.А. Лолойко [и др.] // Химия природ. соедин. – 1987. – № 3. – С. 363–366.
10. Тритерпеновые гликозиды *Hedera canariensis* I. Строение гликозидов L-A, L-B<sub>1</sub>, L-B<sub>2</sub>, L-C, L-D, L-E<sub>1</sub>, L-G<sub>1</sub>, L-G<sub>2</sub>, L-G<sub>3</sub>, L-G<sub>4</sub>, L-H<sub>1</sub>, L-H<sub>2</sub> и L-I<sub>1</sub> из листьев *Hedera canariensis* / В.И. Гришковец, Д.Ю. Сидоров, Л.А. Яковишин [и др.] // Химия природ. соедин. – 1996. – № 3. – С. 377–383.
11. Хобза П. Межмолекулярные комплексы / П. Хобза, Р. Заградник. – М.: Мир, 1989. – 376 с.
12. Казицына Л.А. Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектроскопии в органической химии / Л.А. Казицына, Н.Б. Куплетская. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 240 с.

**Яковішин Л.О.** Молекулярне комплексоутворення тритерпенових глікозидів з аспірином / **Л.О. Яковішин, В.І. Гришковець, О.М. Корж** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 288-293.

Уперше методом ІЧ-Фур'є-спектроскопії досліджено взаємодію 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопіранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабінопіранозиду хедерагеніну ( $\alpha$ -хедерину) та його 28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопіранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопіранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопіранозилового естеру (хедерасAPONІНУ С) з аспірином. Міжмолекулярна взаємодія обумовлена утворенням водневих зв'язків.

**Ключові слова.** тритерпенові глікозиди,  $\alpha$ -хедерин, хедерасAPONІН С, аспірин, молекулярний комплекс, ІЧ-Фур'є-спектроскопія.

**Yakovishin L.A.** Molecular complexation of the triterpene glycosides with aspirin / **L.A. Yakovishin, V.I. Grishkovets, E.N. Korzh** // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 288-293.

Using a method of FT-IR-spectroscopy, the interaction of hederagenin 3-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-arabinopyranoside ( $\alpha$ -hederin) and its 28-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranosyl ester (hederasaponin C) with aspirin was investigated for the first time. Intermolecular interaction is caused by formation of hydrogen bonds.

**Keywords.** triterpene glycosides,  $\alpha$ -hederin, hederasaponin C, aspirin, molecular complex, FT-IR-spectroscopy.

*Поступила в редакцію 10.05.2012 г.*

УДК 547.918:549.6:543.42

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С ПЕРЛИТОМ

Яковишин Л.А.<sup>1</sup>, Гришкова В.И.<sup>2</sup>, Корж Е.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина

<sup>2</sup>Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Впервые методом ИК-Фурье-спектроскопии исследовано взаимодействие 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозид хедерагенина ( $\alpha$ -хедерина), его 28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозилового эфира (хедерасапонины С) и моноаммонийной соли глицирризиновой кислоты (глицирама) с перлитом. Межмолекулярное взаимодействие обусловлено образованием водородных связей и универсальным неспецифическим притяжением.

**Ключевые слова.** тритерпеновые гликозиды,  $\alpha$ -хедерин, хедерасапонин С, глицирам, перлит, ИК-Фурье-спектроскопия.

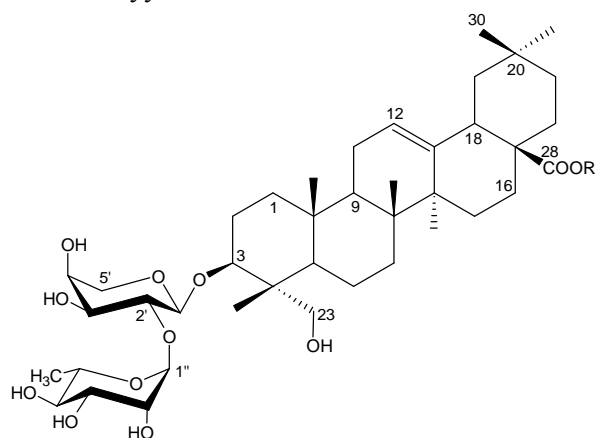
### ВВЕДЕНИЕ

Перлит – это вулканическое стекло, состоящее главным образом из SiO<sub>2</sub> (65–75 % ) и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10–16 %). Также присутствуют K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO и 2–5 % H<sub>2</sub>O. Перлит химически инертен и не изменяет pH воды [1–4]. Его используют для изготовления строительных смесей (цемента, штукатурок и т.п.), в качестве наполнителя при дорожном строительстве, для получения тепло- и звукоизоляционных материалов. Вспученный перлит мелких фракций (филтросперлит) нашел применение для фильтрации в пищевой, химической, нефтехимической и медицинской промышленности [2]. Перлит является адсорбентом для различных красителей, масел и других веществ [3–7]. Его широко применяют для создания искусственных почвенных субстратов [2, 8] и как твердый носитель различных гербицидов и удобрений [2].

В литературе отсутствуют сведения об особенностях физико-химического взаимодействия перлита с тритерпеновыми гликозидами. Поэтому в настоящей работе оно рассмотрено для преобладающих гликозидов плюща (рис. 1)  $\alpha$ -хедерина (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозид хедерагенина, гликозида **1**) и хедерасапонины С (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозид хедерагенина, гликозида **2**) [9], а также глицирама (моноаммонийной соли глицирризиновой кислоты, **ГС**). Глицирризиновая кислота является главным тритерпеновым гликозидом солодки [10].

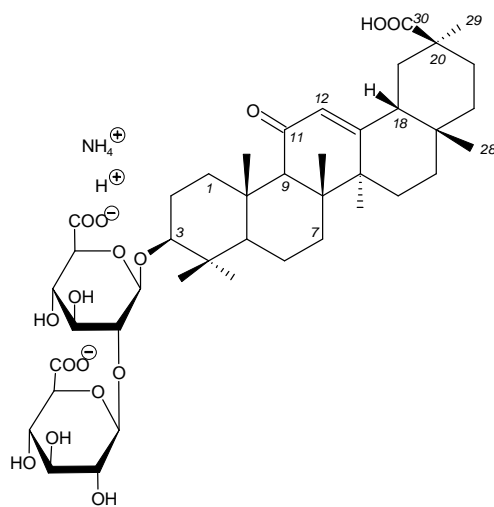
МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гликозиды **1** и **2** выделяли из листьев плющей *Hedera taurica* Carr. и *Hedera canariensis* Willd. (Araliaceae Juss.) и подтверждали их строение по методикам, приведенным в работах [11, 12]. Использовали образец **GC** фирмы «Calbiochem» (США) и фильтрованный перлитовый порошок мелкий № 4 (ГОСТ 30566-98). Гликозиды и **GC** смешивали с перлитом в массовом соотношении 2:1. К полученной смеси добавляли смесь 70%-ного водного раствора C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH и CHCl<sub>3</sub> в соотношении 3:1 по объему и перемешивали в течение 30–40 мин. Органические растворители отгоняли в вакууме.



**1:** R=H;

**2:** R=←βGlc<sub>p</sub>-(6←1)-βGlc<sub>p</sub>-(4←1)-αRha<sub>p</sub>



**GC**

Рис. 1. Строение глицирама (**GC**) и гликозидов **1** и **2**.

ИК-спектры сняты на ИК-Фурье-спектрометре ИнфраЛИУМ® ФТ-02 (Россия) в суспензии в вазелиновом масле при разрешении  $1 \text{ см}^{-1}$  в диапазоне  $400\text{--}4000 \text{ см}^{-1}$ .

**ИК-спектр гликозида 1** (вазелиновое масло,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ):  $\sim 3360$  (ОН),  $1696$  (C=O),  $1647$  (C=C),  $1341$  (CH),  $1304$  (CH),  $1268$  (CH),  $1234$  (CH),  $1207$  (CH),  $1141$  (C–O–C, C–OH),  $1075$  (C–O–C, C–OH),  $1050$  (C–O–C, C–OH),  $1029$  (C–O–C, C–OH),  $1009$  (C–O–C, C–OH),  $981$  (C–O–C, C–OH, =CH).

**ИК-спектр гликозида 2** (вазелиновое масло,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ):  $\sim 3330$  (ОН),  $1729$  (CO),  $1647$  (C=C),  $1340$  (CH),  $1303$  (CH),  $1262$  (CH),  $1232$  (CH),  $1205$  (CH),  $1140$  (C–O–C, C–OH),  $1059$  (C–O–C, C–OH),  $1030$  (C–O–C, C–OH),  $981$  (C–O–C, C–OH, =CH).

**ИК-спектр GC** (вазелиновое масло,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ):  $3600\text{--}3140$  (ОН, NH),  $1720\text{--}1700$  (CO),  $1650$  (C(11)=O),  $1590$  (COO<sup>-</sup>),  $1340$  (CH),  $1304$  (CH),  $1261$  (CH),  $1212$  (CH),  $1169$  (C–O–C, C–OH),  $1156$  (C–O–C, C–OH),  $1075$  (C–O–C, C–OH),  $1037$  (C–O–C, C–OH),  $979$  (C–O–C, C–OH, =CH).

**ИК-спектр перлита** (вазелиновое масло,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ):  $\sim 3390$  (ОН),  $1645\text{--}1620$  (ОН воды),  $1205$  (Si–O–Si, Si–O–Al),  $1152$  (Si–O–Si, Si–O–Al),  $1040$  (Si–O–Si, Si–O–Al),  $1027$  (Si–O–Si, Si–O–Al),  $1011$  (Si–O–Si, Si–O–Al),  $785$  (Al–O),  $721$  (Si–O),  $668$  (Si–O),  $502$  (Si–O, Al–O),  $478$  (Si–O),  $466$  (Si–O, Al–O),  $451$  (Si–O, Al–O).

**ИК-спектр смеси перлита и гликозида 1** (вазелиновое масло,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ):  $\sim 3390$  (ОН),  $1694$  (C=O),  $1648$  (C=C),  $1340$  (CH),  $1305$  (CH),  $1268$  (CH),  $1234$  (CH),  $1206$  (CH),  $1140$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $1074$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $1052$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $1030$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $1019$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $1010$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $982$  (C–O–C, C–OH, =CH),  $700\text{--}400$  (Si–O, Al–O).

**ИК-спектр смеси перлита и гликозида 2** (вазелиновое масло,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ):  $\sim 3380$  (ОН),  $1729$  (CO),  $1647$  (C=C),  $1338$  (CH),  $1307$  (CH),  $1153$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $1030$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $700\text{--}400$  (Si–O, Al–O).

**ИК-спектр смеси перлита и GC** (вазелиновое масло,  $\nu$ ,  $\text{см}^{-1}$ ):  $\sim 3400$  (ОН, NH),  $1720\text{--}1700$  (CO),  $1650$  (C(11)=O),  $1590$  (COO<sup>-</sup>),  $1340$  (CH),  $1307$  (CH),  $1260$  (CH),  $1211$  (CH),  $1169$  (C–O–C, C–OH),  $1157$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $1045$  (C–O–C, C–OH, Si–O–Si, Si–O–Al),  $982$  (C–O–C, C–OH, =CH),  $700\text{--}400$  (Si–O, Al–O).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ИК-спектрах всех образцов при  $2900$ ,  $1460$  и  $1380 \text{ см}^{-1}$  присутствуют интенсивные пики колебаний связей CH вазелинового масла. В спектрах гликозидов **1** и **2** в области  $3330\text{--}3360 \text{ см}^{-1}$  обнаружены широкие интенсивные полосы валентных колебаний ОН-групп моносахаридных остатков. В ИК-спектре **GC** полоса колебаний связей ОН и NH найдена в области  $3600\text{--}3140 \text{ см}^{-1}$ . Валентные колебания связей с участием атомов кислорода (C–O–C, C–OH) в молекулах **GC** и гликозидов **1** и **2** проявляются в области  $1200\text{--}1000 \text{ см}^{-1}$ . В области  $1400\text{--}1200 \text{ см}^{-1}$  находятся полосы поглощения деформационных колебаний связей CH. Связь C=O в карбоксильной группе гликозида **1** обнаружена при  $1695 \text{ см}^{-1}$ , в сложноэфирной группе CO–O молекулы гликозида **2** – при  $1729 \text{ см}^{-1}$ , в составе группы COO<sup>-</sup>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> **GC** – при  $1590 \text{ см}^{-1}$ , а в карбоксильных группах **GC** – при  $1720\text{--}1700 \text{ см}^{-1}$ .



Поглощение при  $1647\text{ см}^{-1}$  у гликозидов **1** и **2** обусловлено тризамещенной двойной связью агликона хедерагенина. В спектре **ГС** связь  $\text{C}(11)=\text{O}$  поглощает при  $1650\text{ см}^{-1}$ .

В ИК-спектре перлита при  $\sim 3390\text{ см}^{-1}$  проявляется широкая полоса поглощения валентных колебаний ОН-групп (рис. 2). Интенсивная полоса, отнесенная к асимметричным валентным колебаниям с участием связей Si–O–Si и Si–O–Al, найдена при  $1040\text{ см}^{-1}$ . На высокочастотной стороне этой полосы проявляются менее интенсивные полосы при  $1205$  и  $1152\text{ см}^{-1}$ . В области  $1645\text{--}1620\text{ см}^{-1}$  находятся полосы деформационных колебаний ОН-групп. В области  $800\text{--}400\text{ см}^{-1}$  обнаружено множество полос поглощения, соответствующих колебаниям связей Si–O–Si и Si–O–Al.

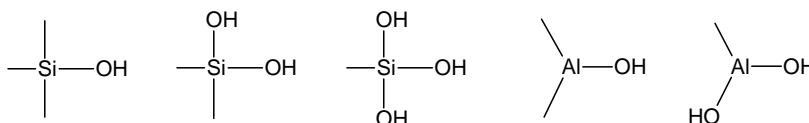


Рис. 2. Различные типы гидроксильных групп на поверхности перлита.

В ИК-спектре смеси гликозида **1** и перлита проявилась новая составная полоса поглощения  $1019\text{ см}^{-1}$ , отнесенная к колебаниям связей C–O–C, C–OH, Si–O–Si и Si–O–Al. Отмечен незначительный сдвиг полосы  $1027\text{ см}^{-1}$  перлита. В спектре смеси она обнаружена при  $1030\text{ см}^{-1}$ . Максимум поглощения валентных колебаний гидроксильных групп в смеси наблюдается при  $\sim 3390\text{ см}^{-1}$ , что соответствует увеличению  $\nu_{\text{OH}}$  гликозида **1** примерно на  $30\text{ см}^{-1}$ .

В высокочастотной области ИК-спектра смеси гликозида **2** и перлита наблюдается смещение полосы поглощения валентных колебаний ОН-связей по сравнению с индивидуальными веществами. Кроме того, при образовании смеси с перлитом отмечен сдвиг полосы, соответствующей валентным колебаниям связей C–O–C и C–OH гликозида, на  $+13\text{ см}^{-1}$ . Индивидуальный гликозид имеет полосу поглощения при  $1140\text{ см}^{-1}$ .

Связи C–O–C и C–OH **ГС**, а также Si–O–Si и Si–O–Al перлита, в ИК-спектре смеси **ГС**–перлит обнаружены в виде уширенной полосы при  $1045\text{ см}^{-1}$ . В спектре смеси полоса, расположенная на высокочастотной стороне основной полосы при  $1045\text{ см}^{-1}$ , проявляется при  $1157\text{ см}^{-1}$ , т.е.  $\Delta\nu$  для перлита составляет  $-5\text{ см}^{-1}$ . Для **ГС** отмечено смещение полосы с  $979$  до  $982\text{ см}^{-1}$  в спектре его смеси с перлитом. Полоса поглощения  $785\text{ см}^{-1}$ , характерная для индивидуального перлита, практически не проявилась в спектре его смеси с **ГС**. Полоса  $3180\text{ см}^{-1}$ , присутствующая в спектре индивидуального **ГС**, в спектре смеси отсутствует.

Таким образом, при образовании смесей гликозидов и **ГС** с перлитом в ИК-спектрах в большинстве случаев наблюдается незначительное смещение соответствующих полос поглощения. Множество ОН-групп в молекулах гликозидов и **ГС** (рис. 1) обуславливает их взаимодействие с различными ОН-группами поверхности перлита (рис. 2) путем образования межмолекулярных водородных

связей (рис. 3). Отсутствие значительных смещений полос поглощения в ИК-спектрах также указывает на наличие универсального неспецифического взаимодействия (дисперсионное и индукционное притяжение), встречающегося при адсорбции [13].

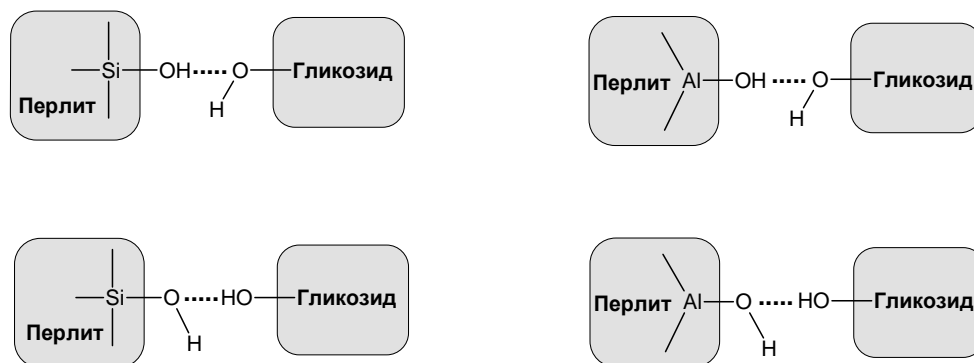


Рис. 3. Возможное образование водородных связей с участием групп OH гликозидов и перлита.

### ВЫВОДЫ

1. Впервые методом ИК-Фурье-спектроскопии исследовано взаимодействие **ГС** и гликозидов **1** и **2** с перлитом.
2. Показано, что в ИК-спектрах наблюдается сдвиги полос поглощения связей OH, C–O–C, C–OH, Si–O–Si и Si–O–Al.
3. Межмолекулярное взаимодействие обусловлено образованием водородных связей с участием OH-групп гликозидов и силанольных и Al–OH-групп поверхности перлита, а также универсальным неспецифическим притяжением.

### Список литературы

1. Dogan M. Electrokinetic properties of perlite / M. Dogan, M. Alkan, U. Cakir // J. Coll. Interf. Sci. – 1997. – Vol. 192. – P. 114–118.
2. Обзор рынка перлита в СНГ. – М.: ИнфоМайн, 2010. – С. 10.
3. Kinetics and mechanism of removal of methylene blue by adsorption onto perlite / M. Dogan, M. Alkan, A. Türkyilmaz, Y. Özdemir // J. Hazardous Mater. – 2004. – Vol. B109. – P. 141–148.
4. Dogan M. Adsorption kinetics of methyl violet onto perlite / M. Dogan, M. Alkan // Chemosphere. – 2003. – Vol. 50. – P. 517–528.
5. Vijayakumar G. Adsorption, kinetic, equilibrium and thermodynamic studies on the removal of basic dye rhodamine-B from aqueous solution by the use of natural adsorbent perlite / G. Vijayakumar, R. Tamilarasan, M. Dharmendirakumar // J. Mater. Environ. Sci. – 2012. – Vol. 3. – P. 157–170.
6. Roulia M. Sorption characterization of a cationic dye retained by clays and perlite / M. Roulia, A.A. Vassiliadis // Micropor. Mesopor. Mater. – 2008. – Vol. 116. – P. 732–740.
7. Equilibrium sorption of crude oil by expanded perlite using different adsorption isotherms at 298.15 K / A. Alihosseini, V. Taghikhani, A.A. Safekordi, D. Bastani // Int. J. Environ. Sci. Tech. – 2010. – Vol. 7. – P. 591–598.

8. Борисовская Е.А. Использование природных и синтетических материалов в качестве компонентов искусственных почвенных субстратов (обзор) / Е.А. Борисовская, В.В. Федотов // Науковий вісник НГУ. – 2011. – № 1. – С. 84–88.
9. Hostettmann K. Saponins / K. Hostettmann, A. Marston. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 548 p.
10. Солодка: Биоразнообразие, химия, применение в медицине / [Г.А. Толстикова, Л.А. Балтина, В.П. Гранкина и др.]. – Новосибирск: Гео, 2007. – 311 с.
11. Тритерпеновые гликозиды *Hedera taurica* I. Строение таурозида E из листьев *Hedera taurica* / А.С. Шашков, В.И. Гришковец, А.А. Лолойко [и др.] // Химия природ. соедин. – 1987. – № 3. – С. 363–366.
12. Тритерпеновые гликозиды *Hedera canariensis* I. Строение гликозидов L-A, L-B<sub>1</sub>, L-B<sub>2</sub>, L-C, L-D, L-E<sub>1</sub>, L-G<sub>1</sub>, L-G<sub>2</sub>, L-G<sub>3</sub>, L-G<sub>4</sub>, L-H<sub>1</sub>, L-H<sub>2</sub> и L-I<sub>1</sub> из листьев *Hedera canariensis* / В.И. Гришковец, Д.Ю. Сидоров, Л.А. Яковичин [и др.] // Химия природ. соедин. – 1996. – № 3. – С. 377–383.
13. Киселев А.В. Межмолекулярные взаимодействия в адсорбции и хроматографии / А.В. Киселев. – М.: Высш. шк., 1986. – 360 с.

**Яковичин Л.О. Фізико-хімічна взаємодія тритерпенових глікозидів з перлітом / Л.О. Яковичин, В.І. Гришковець, О.М. Корж // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 294-299.**

Уперше методом ІЧ-Фур'є-спектроскопії досліджено взаємодію 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопіранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабінопіранозиду хедерагеніну ( $\alpha$ -хедерину), його 28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопіранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопіранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопіранозилового естеру (хедерасAPONІНУ С) та моноамонійної солі гліцирризинової кислоти (гліцираму) з перлітом. Міжмолекулярна взаємодія обумовлена утворенням водневих зв'язків і універсальним неспецифічним притяганням.

**Ключові слова.** тритерпенові глікозиди,  $\alpha$ -хедерин, хедерасAPONІН С, гліцирам, перліт, ІЧ-Фур'є-спектроскопія.

**Yakovishin L.A. Physico-chemical interaction of the triterpene glycosides with perlite / L.A. Yakovishin, V.I. Grishkovets, E.N. Korzh // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2012. – Vol. 25 (64), No. 2. – P. 294-299.**

Using a method of FT-IR-spectroscopy, the interaction of hederagenin 3-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-arabinopyranoside ( $\alpha$ -hederin), its 28-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranosyl ester (hederasaponin C), and monoammonium glycyrrhizinate (glycyram) with perlite was investigated for the first time. Intermolecular interaction is caused by formation of hydrogen bonds and universal nonspecific attraction.

**Keywords.** triterpene glycosides,  $\alpha$ -hederin, hederasaponin C, glycyram, perlite, FT-IR-spectroscopy.

Поступила в редакцію 10.05.2012 г.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

<b>Александров Григорий Григорьевич</b>	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: aleks@igic.ras.ru
<b>Алексенко Наталья Алексеевна</b>	ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України», провідний науковий співробітник, к.мед.н., тел. (0482) 301738, e-mail: center@kurort.odessa.net
<b>Алиева Тамила Алиевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: chadess@mail.ru
<b>Алядинова Эвелина Ильясовна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: fantazyeveline@mail.ru
<b>Аристова Надежда Ивановна</b>	Национальный институт винограда и вина "Магарач" НААН Украины, к.т.н., н.с. отдела аналитических исследований, стандартизации и метрологии
<b>Баевский Михаил Юрьевич</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.х.н., доцент кафедры органической и биологической химии
<b>Барабан Юлия Алексеевна</b>	Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет имени С.И. Георгиевского», ассистент кафедры нормальной физиологии, тел. (0652) 554843, e-mail: baraban_y@mail.ru
<b>Батгерс Терри Д.</b>	Институт гликобиологии Оксфордского университета, доцент факультета биохимии, заведующий лабораторией химии и биологии ингибиторов – иминосахаров
<b>Бежин Николай Алексеевич</b>	Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, преподаватель кафедры химической технологии ядерно-топливного цикла, e-mail: nickbezhin@yandex.ru
<b>Бекирова Зарема Зейтуллаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры общей химии, тел. (0652) 608-316, e-mail: z.z.bekirova@gmail.com
<b>Бирюкова Елена Александровна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Богатина Нина Ильинична</b>	Физико-технический институт низких температур НАН Украины, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, e-mail: n_bogatina@rambler.ru

<b>Богданова Людмила Николаевна</b>	Научно-исследовательский центр ВС Украины «Государственный океанариум», кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: nataliy-andreev@yandex.ru
<b>Бондик Олена Володимирівна</b>	ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, аспірантка кафедри фізіології людини і тварин, тел. (044) 5260521, e-mail: elena-physiology@ukr.net
<b>Буков Юрий Александрович</b>	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, д.б.н., профессор, зав.кафедрой физической реабилитации, тел. (0652) 255047, e-mail: tnu-fr @ rambler.ru
<b>Бурбанова Ольга Николаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, аспирант кафедры физической реабилитации, тел. (0652) 255047, e-mail: tnu-fr @ rambler.ru
<b>Бурда Виктор Евстафьевич</b>	"Севастопольский винзавод", технический директор
<b>Валиев Энвер Велиуллаевич</b>	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», старший преподаватель кафедры технологического образования, e-mail: envervaliev@rambler.ru
<b>Весельський Станіслав Павлович</b>	НДІ фізіології імені академіка Петра Богача ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник відділу загальної фізіології, тел. (044) 5260521
<b>Гао Сяогин</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кафедра экологии и рационального природопользования, студентка 4 курса
<b>Гладилина Елена Викторовна</b>	Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, аспирант кафедры зоологии, e-mail: el.gladilina@gmail.com
<b>Горбач Леонід Павлович</b>	ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України», провідний гідрогеолог, тел. (0482) 301741, e-mail: center@kurort.odessa.net
<b>Горобченко Ольга Александровна</b>	Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, к.ф.-м.н., с.н.с. кафедры биологической и медицинской физики радиофизического факультета
<b>Грабовская Елена Юрьевна</b>	Таврический Национальный университет им. В.И.Вернадского, кафедра медико-биологических основ физической культуры, к.б.н, зав.кафедрой, тел. (0652) 256151, e-mail: grabovskaya13@mail.ru
<b>Гришковец Владимир Иванович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической и аналитической химии.

<b>Джелдубаева Эльвиза Рашидовна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: delviza@mail.ru
<b>Довгий Илларион Игоревич</b>	Севастопольского национального университета ядерной энергии и промышленности, к.х.н., доцент, заведующий кафедрой химической технологии ядерно-топливного цикла, e-mail: dovgy@ukr.net
<b>Дребот Ирина Степанівна</b>	Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, магістрант кафедри фармацевтичної хімії
<b>Дягилева Юлия Олеговна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: yulia_dyagileva@mail.ru
<b>Евсеева Наталья Александровна</b>	Керченский экономико-гуманитарный институт Таврического национального университета им. В.И.Вернадского, филиал кафедры физической реабилитации, студентка 6 курса заочного отделения, тел.(0652) 256151
<b>Евстафьева Елена Владимировна</b>	Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет имени С.И. Георгиевского», д.м.н., профессор, зав. кафедрой нормальной физиологии, тел. (0652) 554850, e-mail: e.evstafeva@mail.ru
<b>Еременко Игорь Леонидович</b>	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, академик РАН, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией
<b>Жилякова Татьяна Александровна</b>	Национальный институт винограда и вина "Магарач" НААН Украины, к.б.н., с.н.с., нач. отдела аналитических исследований, стандартизации и метрологии, e-mail: golden.heart@mail.ru
<b>Закусило Виктор Николаевич</b>	Украинский научно-исследовательский противочумный институт им. И.И. Мечникова, к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории носителей и переносчиков возбудителей особо опасных инфекций
<b>Захарченко Євген Анатолійович</b>	ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України», провідний інженер з ГІС технологій, тел. (0482) 301741, e-mail: center@kurort.odessa.net
<b>Заячникова Татьяна Валентиновна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики

<b>Зинченко Светлана Артуровна</b>	Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет имени С.И. Георгиевского», к.б.н., доцент кафедры нормальной физиологии, тел. (0652) 554843
<b>Ибрагимова Эвелина Энверовна</b>	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», к.б.н., старший преподаватель кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности
<b>Иванець Людмила Миколаївна</b>	Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, к.х.н., доцент кафедри фармацевтичної хімії
<b>Кириченко Анастасия Владимировна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кафедра экологии и рационального природопользования, магистр
<b>Кириченко В.Е</b>	Николаевская СЭС, зоолог
<b>Коба Владимир Петрович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, кафедра лесного и садово-паркового хозяйства, e-mail: KobaVP@mail.ru
<b>Коваль Светлана Яковлевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат медицинских наук, доцент кафедры физической реабилитации, тел (0652)255047
<b>Конник Олег Владимирович</b>	Севастопольский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации, директор, кандидат химических наук, доцент, e-mail: stmet@sebastopol.ua
<b>Кордюм Елизавета Львовна</b>	Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, Член-корреспондент НАН Украины, д.б.н., руководитель отдела космической биологии, e-mail: cellbio@ukr.net
<b>Корж Елена Николаевна</b>	Севастопольский национальный технический университет, кандидат химических наук, доцент кафедры физики (цикл химии)
<b>Костюк Александра Сергеевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur328@gmail.com
<b>Котов Сергей Александрович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кафедра физической реабилитации, студент 6-го курса заочной формы обучения, тел (0652) 255047
<b>Кровяков Владимир Федорович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой спортивных игр

<b>Куличенко Александр Михайлович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник НИК, e-mail: alexander.kulichenko@gmail.com
<b>Мальцева Ольга Борисовна</b>	Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет имени С.И. Георгиевского», к.м.н., доцент кафедры нормальной физиологии, тел. (0652) 554843
<b>Мамедов Хагани Фарзуллаевич</b>	Институт Радиационных Исследований Национальной Академии Наук Азербайджана, докторант, кандидат химических наук, начальник Департамента Комплексных Исследований, e-mail: xagani06@mail.ru
<b>Матишева Светлана Касьяновна</b>	Научно-исследовательский центр ВС Украины «Государственный океанариум», кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: nataliy-andreev@yandex.ru
<b>Минин Владимир Владимирович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, преподаватель кафедры ТФВ
<b>Минина Елена Николаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, преподаватель кафедры физической реабилитации.
<b>Морозкина Екатерина Владимировна</b>	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, ассистент кафедры общей химии, e-mail: emorozkina@mail.ru
<b>Мостовой Семен Олегович</b>	Крымский государственный медицинский университет имени С.И. Георгиевского, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры стоматологии ФПО, e-mail: Semen-34@yandex.ru
<b>Назаренко Мария Викторовна</b>	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, ассистент кафедры общей химии
<b>Найдич Сергей Иванович</b>	Крымский инженерно-педагогический университет, кандидат биологических наук, кафедра физического воспитания, e-mail: tournesi@rambler.ru
<b>Нетребя Евгений Евгеньевич</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической и аналитической химии, e-mail: evgtnu@gmail.com
<b>Нікіпелова Олена Михайлівна</b>	ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України», керівник Українського державного центру стандартизації і контролю якості природних та преформованих засобів, старший науковий співробітник, к.х.н., тел. (0482) 301740, e-mail: center@kurort.odessa.net



<b>Ніколенко Світлана Вікторівна</b>	ДУ «Український НДІ медичної реабілітації та курортології МОЗ України», старший науковий співробітник, к.б.н., тел. (0482) 328201, e-mail: center@kurort.odessa.net
<b>Николов Олег Тимофеевич</b>	Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, к.ф.-м.н., с.н.с. кафедры биологической и медицинской физики радиофизического факультета
<b>Овсянникова Наталья Михайловна</b>	Государственное учреждение «Крымский государственный медицинский университет имени С.И. Георгиевского», к.б.н., ассистент кафедры медицинской информатики и биофизики, тел. (0652) 275356, e-mail: n.m.ovsyannikova@mail.ru
<b>Овчаров А.А</b>	Украинский научно-исследовательский противочумный институт им. И.И. Мечникова, зав. лабораторией эпизоотологии особо опасных инфекций
<b>Омельченко Александр Владимирович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ведущий специалист кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
<b>Остапенко Ольга Валериевна</b>	Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, кандидат медицинских наук, ст.преподаватель кафедры гистологии и эмбриологии, e-mail: stepashca@mail.ru
<b>Павленко Владимир Борисович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей психологии, e-mail: pavlenkovb@crimea.edu
<b>Палий Иван Николаевич</b>	Никитский ботанический сад – Национальный научный центр НААН Украины, м.н.с. отдела биотехнологии и биохимии растений, e-mail: runastep@ukr.net
<b>Панов Денис Александрович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.х.н., доцент кафедры физической и аналитической химии, тел. (0652) 608497, e-mail: mendes@inbox.ru
<b>Панова Элеонора Павловна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского; к.х.н., доцент кафедры физической и аналитической химии, тел. (0652) 608497, e-mail: mendes@inbox.ru
<b>Письменецкая Ирина Юрьевна</b>	Днепропетровская государственная медицинская академия, доцент кафедры биохимии, медицинской и фармацевтической химии, e-mail: pirina2004@list.ru
<b>Повстяной Вячеслав Михайлович</b>	Херсонский национальный технический университет, доцент, e-mail: povst@inbox.ru

<b>Поляк Ольга Богданівна</b>	Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачевського, к.фарм.н., доцент кафедри фармацевтичної хімії
<b>Протас Ян Юрьевич</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, магистр кафедры физической реабилитации, тел (0652)255047
<b>Решетник Євдокія Миколаївна</b>	НДІ фізіології імені академіка Петра Богача ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу загальної фізіології, тел. (044) 5260521, e-mail: reshetnik74@mail.ru
<b>Русев Иван Трифонович</b>	Украинский научно-исследовательский противочумный институт им. И.И. Мечникова, к.б.н., зав.лаб. экологии носителей и переносчиков возбудителей особо опасных инфекций
<b>Савина Ксения Дмитриевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры спортивных игр
<b>Семенова Ольга Александровна</b>	Одесского національного університету імені І.І. Мечникова, старший преподаватель кафедры гидробиологиии общей экологии биологического факультета, тел. (048) 687793, e-mail: masterkristi@rambler.ru
<b>Симчук Андрей Павлович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кафедра экологии и рационального природопользования, д.б.н., профессор, e-mail: simchuk@ukr.net
<b>Соколовский Д.А</b>	Украинский научно-исследовательский противочумный институт им. И.И. Мечникова, зоолог лаборатории эпизоотологии особо опасных инфекций
<b>Сугак Алексей Владимирович</b>	Химик-технолог ООО Укрсимспецмонтаж, e-mail: alexsugak@i.ua
<b>Сышко Дмитрий Владимирович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, д.физ.вос., доцент, зав.кафедрой теории и методики физической, e-mail: syshko@list.ru
<b>Туманянц Карина Николаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, научный сотрудник по ПНИЛ, преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры, e-mail: timur328@gmail.com
<b>Федоренко Андрей Александрович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической и аналитической химии, e-mail: fedoram37@gmail.com

<b>Федоренко Александр Михайлович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, профессор кафедры физической и аналитической химии
<b>Хомякова Ольга Вячеславна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической реабилитации, тел (0652)255047
<b>Черная Вера Николаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической реабилитации, тел (0652)255047
<b>Чмелева Светлана Ивановна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, тел. (0652) 608465
<b>Чуян Елена Николаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, первый проректор, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: elena-chuyan@rambler.ru
<b>Шейкина Надежда Валерьевна</b>	Национальный фармацевтический университет, кандидат биологических наук, ассистент, e-mail: sheykina@ukr.net
<b>Шейх-Заде Мамет-Исмет</b>	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технологического образования
<b>Ширин Анна Олеговна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка 5 курса кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
<b>Шрамко Юлиана Ивановна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической реабилитации, тел (0652) 255047.
<b>Шульгин Виктор Федорович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, проректор по научной работе, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии, тел. (0652)-60-81-60, e-mail: vshul@crimea.edu
<b>Эмирова Диляра Энверовна</b>	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», преподаватель кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности
<b>Юркова Ирина Николаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Биотехнологический центр, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: nanosilver@rambler.ru

**Яковишин  
Леонид  
Александрович**

Севастопольский национальный технический университет,  
кандидат химических наук, доцент кафедры физики (цикл  
химии), e-mail: chemsevntu@rambler.ru.

**Янчук  
Петро Иванович**

НДІ фізіології імені академіка Петра Богача ННЦ «Інститут  
біології» Київського національного університету імені Тараса  
Шевченка, доктор біологічних наук, старший науковий  
співробітник, завідувач відділу фізіології кровообігу, професор  
кафедри фізіології людини і тварин, тел. (044) 5260327,  
e-mail: Yanchuk49@ukr.net

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Алиева Т.А., Алядинова Э.И., Павленко В.Б.**

ЛОНГИТЮДНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ  
ХАРАКТЕРИСТИК ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У ШКОЛЬНИКОВ 10-12 ЛЕТ ...3

**Барабан Ю.А., Евстафьева Е.В., Овсянникова Н.М., Зинченко С.А., Мальцева О.Б.**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В ОБРАБОТКЕ МНОГОМЕРНЫХ  
ДАННЫХ ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ: АНАЛИЗ  
ТЕКУЩЕЙ ЭЭГ И СОДЕРЖАНИЯ МЫШЬЯКА У ШКОЛЬНИКОВ 11-16 ЛЕТ ..... 11

**Богатина Н.И., Шейкина Н.В., Кордюм Е.Л.**

ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИИ КОРНЕЙ КРЕСС-САЛАТА И КУКУРУЗЫ  
ОТНОСИТЕЛЬНО КОМБИНИРОВАННОГО МАГНИННОГО ПОЛЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ  
ИХ ГРАВИТРОПИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ. ЭКСПЕРИМЕНТ И НОВАЯ ГИПОТЕЗА,  
МЕХАНИЗМ АДАПТАЦИИ ..... 16

**Богданова Л.Н., Матишева С.К.**

КОНТРОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕЛЬФИНОВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПЕРКАПНИЧЕСКОГО ТЕСТА ..... 31

**Бондзик О.В., Решетник Є.М., Весельський С.П., Янчук П.І.**

ВПЛИВ L-АРГІНІНУ НА СПЕКТР ХОЛАТІВ У ЖОВЧІ ЩУРІВ. .... 37

**Буков Ю.А., Бурбанова О.Н.**

ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА У ЖЕНЩИН  
ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ..... 44

**Гладилина Е.В.**

КРУГЛОГОДИЧНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КИТООБРАЗНЫМИ (СЕТАСЕА) В  
ВОДАХ КАРАДАГСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ  
АКВАТОРИИ ..... 51

**Грабовская Е.Ю., Евсеева Н.А.**

ПРИМЕНЕНИЕ АРТ-ТЕРАПИИ И ФИТОТЕРАПИИ В КОМПЛЕКСНОЙ  
РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ, БОЛЬНЫХ ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ  
ПАРАЛИЧЕМ ..... 60

**Джелдубаева Э.Р., Чуюн Е.Н., Заячникова Т.В.**

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Н-РЕФЛЕКСА ПОД ВЛИЯНИЕМ  
НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ  
ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ..... 66

**Коба В.П.**

ДИНАМИКА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЫЛЬЦЫ *PINUS PALLASIANA*  
D. DON В ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ ГОРНОГО КРЫМА ..... 77

<b>Костюк А.С., Туманянц К.Н.</b> МОДИФИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ НОЦИЦЕПЦИИ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ <i>HELIX ALBESCENS</i> ПРИ ДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СЛАБЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ЭКРАНИРОВАНИЕМ .....	84
<b>Кровяков В.Ф., Савина К.Д., Сышко Д.В.</b> ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ В КОЖЕ У СПОРТСМЕНОВ В УСЛОВИЯХ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ РАЗДРАЖЕНИЙ .....	93
<b>Куличенко А.М., Павленко В.Б., Дягилева Ю.О.</b> СВЯЗЬ МЕЖДУ АКТИВНОСТЬЮ СЕРТОНИНЕРГИЧЕСКИХ НЕЙРОНОВ ЯДЕР ШВА И СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТЬЮ РИТМОВ ЭЭГ БОДРСТВУЮЩЕЙ КОШКИ. ....	100
<b>Минина Е.Н., Минин В.В.</b> КОРРЕКЦИЯ СОСТОЯНИЯ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ У ЖЕНЩИН РАЗЛИЧНЫХ ВОЗРАСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ «ПОЛИОЛ» .....	107
<b>Найдич С.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В ПЕРИОД МНОГОДНЕВНОГО ПЛАВАНИЯ НА ПАРУСНОЙ ДОСКЕ.....	113
<b>Палий И.Н.</b> ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПИТАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И ВЫХОД ЭФИРНОГО МАСЛА <i>AGASTACHE FOENICULUM PURSH.</i> ....	120
<b>Письменецька І.Ю., Баттерс Т.Д.</b> ФРАКЦІОНУВАННЯ ПО ЗАРЯДУ ВІЛЬНИХ ОЛІГОСАХАРИДІВ ПЛАЗМИ КРОВІ ПРАКТИЧНО ЗДОРОВИХ ДОНОРІВ .....	126
<b>Русев И.Т., Закусило В.Н., Кириченко В.Е., Овчаров А.А., Соколовский Д.А.</b> ВИДОВОЙ СОСТАВ, ЧИСЛЕННОСТЬ И ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ЕЛАНЕЦКАЯ СТЕПЬ» .....	132
<b>Семенова О.О.</b> ОЦІНКА СТАНУ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ ЧОРНОМОРСЬКИХ МІДІЙ ПІД ВПЛИВОМ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ .....	142
<b>Симчук А.П., Гао С.</b> ГРУППА КРОВИ И РЕЗУС ФАКТОР, КАК МАРКЕРЫ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К НЕКОТОРЫМ ПАТОЛОГИЯМ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ КРЫМА .....	151
<b>Симчук А.П., Кириченко А.В.</b> ВЫБОР ПАРАЗИТОМ <i>ITOPLECTIS MACULATOR</i> F. КУКОЛОК ЗЕЛеной ДУБОВОЙ ЛИСТОВЕРТКИ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ ПАРАЗИТА И ХОЗЯИНА.....	156

<b>Черная В.Н., Коваль С.Я., Хомякова О.В., Протас Я.Ю.</b> КОМПЛЕКСНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ БОЛЬНЫХ С ОСТЕОХОНДРОЗОМ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА В УСЛОВИЯХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ЦЕНТРА .....	161
<b>Чмелева С.И., Омельченко А.В., Панов Д.А., Ширина А.О.</b> ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЛЛУСНОЙ КУЛЬТУРЫ <i>FATSHEDERA LIZEI</i> И НАКОПЛЕНИЕ В НЕЙ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ .....	169
<b>Chuyan E.N., Virukova E.A., Zayachnikova T.V.</b> CHANGES OF HEART RATE AND FRACTAL NEURODYNAMICS VARIABILITY INDICATORS UNDER CONTROLLED BREATHING IN THE HEART RATE OSCILLATIONS FREQUENCY SPECTRUM .....	176
<b>Шрамко Ю.И., Черная В.Н., Котов С.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАБИЛИТАЦИИ КАРДИОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ .....	191
<b>Эмирова Д.Э., Ибрагимова Э.Э.</b> СКРИНИНГ ПАЛИНОТОКСИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА АКТЕЛЛИКА НА ГЕНЕРАТИВНЫЕ ОРГАНЫ <i>HELIANTHUS ANNUUS L.</i> .....	199
<b>Юркова И.Н.</b> ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНА НА РОСТОВУЮ АКТИВНОСТЬ И ЕГО НАКОПЛЕНИЕ В КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУРАХ <i>HEDERA HELIX L.</i> .....	204
<b>Янчук П.И., Комаренко В.И., Слободяник Л.О.</b> УЧАСТЬ $\alpha$ -АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ У КОНСТРИКТОРНИХ РЕАКЦИЯХ ВЕНОЗНИХ СУДИН ПЕЧИНКИ НА СЕРОТОНИН I ЕНДОТЕЛИН-1 .....	209
<b>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>	
<b>Бежин Н.А., Довгий И.И.</b> СОРБЦИЯ СТРОНЦИЯ-90 ИЗ АЗОТНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ НОВЫМ СОРБЕНТОМ НА ОСНОВЕ ЭНДОРЕЦЕПТОРА ДИБЕНЗО-18-КРАУН-6 .....	215
<b>Бурда В.Е., Панов Д.А.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИКЁРА В ПРОЦЕССЕ СТУПЕНЧАТОГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ .....	219
<b>Валиев Э.В., Шейх-Заде М.И.</b> О МИНИМИЗАЦИИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТАНТЫ РАВНОВЕСИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ С ВОДОРОДНОЙ СВЯЗЬЮ ...	224
<b>Жилякова Т.А., Горобченко О.А., Николов О.Т., Аристова Н.И.</b> ГИДРАТАЦИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВИН ПО ДАННЫМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ .....	228

<b>Mamedov Kh.F.</b> RADIOLYTIC DESTRUCTION OF OCHRATOXIN IN DAMP BARLEY GRAINS ....	233
<b>Морозкина Е.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИРОДНЫХ КРЕМНЕЗЕМОВ .....	237
<b>Мостовой С.О., Остапенко О.В., Шульгин В.Ф.</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЭТИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА, ВЫЗЫВАЮЩЕГО «ВИНТОВЫЕ ОСТЕОМИЛИТЫ», И ОЦЕНКА ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КОСТНУЮ ТКАНЬ И МОЧЕВИДЕЛИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ ЛАБОРАТОРНЫХ БЕЛЫХ КРЫС .....	244
<b>Нетреба Е.Е., Федоренко А.М.</b> СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ КООРДИНАЦИОННОГО ПОЛИМЕРА ХЛОРИДА ЦИНКА С 4,4,10,10-ТЕТРАМЕТИЛ-1,3,7,9-ТЕТРААЗОСПИРО[5.5]УНДЕКАН-2,8-ДИОНОМ (СПИРОКАРБОНОМ – Sk).....	252
<b>Нікіпелова О.М., Горбач Л.П., Ніколенко С.І., Алексєєнко Н.О., Захарченко Є.А.</b> ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ПЕЛОЇДІВ ОЗЕРА ПАНСЬКЕ АР КРИМ .....	259
<b>Панова Э.П., Назаренко М.В., Баевский М.Ю.</b> СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗИМИДАЗОЛИЛПРОПИОНОВОЙ КИСЛОТЫ.....	265
<b>Поляк О.Б., Іванець Л.М., Дребот І.С.</b> ВИВЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ДЕЗЛОРАТАДИНУ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ В ОРГАНАХ ОТРУЄНИХ НИМ ТВАРИН.....	270
<b>Федоренко А.М., Сугак А.В., Федоренко А.А., Повстяной В.М.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ РАСТВОРИМОСТИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ В ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМАХ.....	274
<b>Шульгин В.Ф., Бекирова З.З., Конник О.В., Александров Г.Г., Еременко И.Л.</b> СИНТЕЗ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА БИЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ САМАРИЯ И ГАДОЛИНИЯ НА ОСНОВЕ ДИАЦИЛДИГИДРАЗОНОВ 3-МЕТИЛ-1-ФЕНИЛ-4-ФОРМИЛПИРАЗОЛ-5-ОНА.....	279
<b>Яковизин Л.А., Гришковец В.И., Корж Е.Н.</b> МОЛЕКУЛЯРНОЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С АСПИРИНОМ .....	288
<b>Яковизин Л.А., Гришковец В.И., Корж Е.Н.</b> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С ПЕРЛИТОМ .....	294
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ</b> .....	300
<b>СОДЕРЖАНИЕ</b> .....	309