

Журнал основан в 1918 г.

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

Научный журнал

*Серия “Биология, химия”*

**Том 23 (62). № 1**

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского  
Симферополь, 2010

**Редакционный совет журнала «Ученые записки ТНУ»:**

Багров Н.В. – д.г.н., проф., член-корр. НАНУ, (председатель)

Бержанский В.Н. – д.ф.-м.н., проф. (зам. председателя)

Дзедолик И.В. – д.ф.-м.н., доц. (секретарь)

**Члены Совета (редакторы серий):**

Богданович Г.Ю. – д.филол.н., проф.

Берестовская Д.С. – д. филос.н., проф.;

Вахрушев Б.А. – д.г.н., проф.;

Габриелян О.А. – д. филос.н., проф.

Казарин В.П. – д.филол.н., проф.;

Кальной И.И. – д.филос.н.; проф.;

Канов А.А. – д.э.н., проф.;

Копачевский Н.Д. – д.ф.-м.н. проф.

Лазарев Ф.В. – д.филос.н. проф.

Подсолонко В. А. – д.э.н. проф.

Темурьянц Н.А. – д.б.н. проф.

Тимощук А.В. – д.ю.н. проф.

Шульгин В.Ф. – д.х.н. проф.

Юрченко С.В. – д.полит.н. проф.

**Состав редколлегии 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.;

Павленко В.Б. – д.б.н, проф.;

Темурьянц Н.А. – д.б.н., проф.

(редактор по разделу «Биология»);

Чуян Е.Н. – д.б.н, проф.;

Юрахно М. В. – д.б.н, проф.

**Раздел «Химия»:**

Гришковец В.И. – д.х.н., проф.;

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. (редактор  
по разделу «Химия»)

*Журнал печатается по решению Ученого Совета Таврического национального  
университета им. В.И. Вернадского от 13.04.2010 г. (протокол № 5)*

© **Таврический национальный университет, 2010 г.**

Подписано в печать 05.05.2010. Формат 60x84 1/8 усл. изд. л. 10,6. Тираж 500. Заказ № 17/а.

Отпечатано в информационно-издательском отделе ТНУ.

Проспект Вернадского, 4, г. Симферополь, 95007

**„Учюние записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского”**

Науковий журнал. Серія «Біологія, хімія». Том 23 (62), №1 .

Сімферополь, Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського, 2010

Журнал заснований у 1918 р.

Адреса редакції: Проспект Вернадского, 4, м. Симферополь, 95007

Надруковано у інформаційно-видавничьому відділі Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського.

Проспект Вернадського, 4, м. Симферополь, 95007

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

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

Серия «Биология, химия». Том 23 (62). 2010. № 1. С. 3-8.

**УДК: 61(075.8)**

## **РОЛЬ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, БОЛЕЮЩИХ ЧАСТЫМИ ПРОСТУДНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ**

*Алпеева А.В.*

*Керченский экономико-гуманитарный институт Таврического национального  
университета им. В.И. Вернадского, Керчь, Украина  
E-mail: alla.alpeeva@yandex.ru*

У часто болеющих простудными заболеваниями детей увеличение количества корреляционных взаимосвязей между показателями газообменной и вентиляторной функции можно расценивать как свидетельство значительного функционального напряжения системы внешнего дыхания, а также как попытку системы распределить нагрузку на дополнительное количество ее компонентов.

Респираторная тренировка, способствовавшая активизации дыхательной мускулатуры, обеспечивала устранение нежелательных изменений в системе дыхания, что проявлялось снижением количества корреляционных пар, уменьшением нагрузки на структурные компоненты.

**Ключевые слова:** респираторная тренировка, часто болеющие простудными заболеваниями дети, корреляционные взаимосвязи, функциональное напряжение системы внешнего дыхания.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Адаптированность человека к изменяющимся условиям среды можно кратко охарактеризовать как совокупность социально-биологических свойств и особенностей, необходимых для устойчивого существования организма в конкретной экологической среде. Наиболее эффективно адаптивные возможности можно исследовать в момент мобилизации потенциальных резервов [1]. Способность быстро и эффективно устранить или компенсировать действие неблагоприятного фактора характеризует уровень адаптации индивида [1]. Первостепенное значение в приспособлении организма к экстремальным условиям принадлежит внешнему дыханию [2].

Дети дошкольного возраста (в силу анатомо-физиологических особенностей) подвержены частым простудным заболеваниям, что является фактором риска для их гармоничного физического развития. Снижая функциональные резервы, частые простудные заболевания ухудшают процессы адаптации к внешним воздействиям, ослабляют иммунные структуры. Ключом к решению вопроса о здоровье детей

является оптимизация различных сторон и механизмов дыхания, управления, мобилизация основных функций организма, его защитных и приспособительных реакций [3]. Лабильность систем в раннем возрасте позволяет вносить некие изменения для повышения эффективности адаптации к воздействию экзогенных и эндогенных факторов окружающей среды. Например, тренировка респираторной мускулатуры совершенствует деятельность дыхательного аппарата, которое выражается, прежде всего, в экономизации его функции. Респираторная тренировка позволяет изменить направление метаболических процессов, повышая эффективность и экономичность кислородных режимов [4].

Медицинская практика имеет большие резервы повышения эффективности диагностики, медико-биологических исследований за счет освоенных математических, в частности статистических, методов [5]. С помощью таких методов можно определить долю влияния анализируемого признака на результивный признак.

В связи с этим была предпринята попытка раскрытия корреляционных взаимосвязей и оценка влияния тех или иных факторов на функциональное состояние системы внешнего дыхания детей дошкольного возраста, болеющих частыми простудными заболеваниями, до и после применения респираторной тренировки.

Изучение влияния резистивного сопротивления дыханию детей дошкольного возраста при проведении респираторной гимнастики позволило определить основные корреляционные связи между парциальным давлением  $CO_2$  в альвеолярном пространстве и газообменными, вентиляторными параметрами.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях принимали участие 20 мальчиков в возрасте 5-6 лет, посещающих дошкольное учреждение санаторного типа. Функции системы внешнего дыхания детей изучали спиропневмотахометрическим методом с помощью прибора "СпироТестРС" с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. При этом фиксировали следующие функциональные показатели: объём легочной вентиляции ( $VE$ , л/мин), дыхательный объём ( $VT$ , мл), частоту дыхательных движений ( $f$ , цикл/мин), форсированную ЖЕЛ (ФЖЕЛ, л), объём форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ 1, л), пиковую объёмную скорость (ПОС, л/с), максимальную объёмную скорость на уровне 25, 50, 75 % ЖЕЛ (МОС25, МОС50, МОС 75, л/с). Фракционное содержание кислорода и углекислого газа в пробах выдыхаемого воздуха ( $F_{EO_2}$ ,  $F_{ECO_2}$ , об. %) и альвеолярного ( $F_{AO_2}$ ,  $F_{ACO_2}$ , об. %) воздуха определяли с использованием газоанализаторов ПГА-КМ и ПГ-ДУМ. Объёмные показатели приведены к условиям ВТРС. Исследования проводились в состоянии относительного покоя до и после коррекционных воздействий.

Статистическая обработка данных проводилась методами вариационной статистики: определения среднего значения, стандартной ошибки среднего, нормальности распределения параметров в выборке с использованием критерия Шапиро-Уилка, достоверности различий между относительными частотами – по

критерию Стьюдента. Вычисления выполнялись при помощи программного пакета Statistica 6,0.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В Табл. 1 представлены значения достоверной корреляции между показателями газообмена. Вовлечение значимого числа газообменных параметров в обеспечение метаболического запроса системы до респираторных тренировок обусловлено высокими энергетическими тратами респираторной мускулатуры. Эффективность газообменной функции определялась величиной  $pCO_2$  в выдыхаемом воздухе ( $r=0,59, p\leq 0,001$ ).

После проведенного коррекционного воздействия, на фоне достижения парциального давления углекислого газа в альвеолярном пространстве изокапнического уровня, количество корреляционных взаимосвязей уменьшилось (табл. 1).

**Таблица 1.**  
**Корреляционные связи между показателями газообмена в состоянии относительного покоя у мальчиков 5-6 лет до и после применения респираторных тренировок**

корреляционные связи	
до респираторных тренировок	после респираторных тренировок
$P_A CO_2 - \Delta F O_2$ $r = -0,40, p \leq 0,001$ ; $P_E CO_2 - P_E O_2$ $r = -0,59, p \leq 0,001$ ; $P_A CO_2 - P_E O_2$ $r = 0,41, p \leq 0,001$ .	$P_E CO_2 - P_E O_2$ $r = -0,37, p \leq 0,001$

Известно, что чем выше нагрузка на систему, тем больше число ее структурных компонентов подключается для реализации функций. Поэтому увеличение количества корреляционных взаимосвязей можно расценивать как свидетельство значительного функционального напряжения системы внешнего дыхания.

После респираторных тренировок, когда парциальное давление углекислого газа в альвеолярном пространстве достигло изокапнического уровня, то есть при снижении нагрузки на систему внешнего дыхания, количество активно функционирующих компонентов уменьшилось. Произошел отбор структурных компонентов, наиболее оптимальных для выполнения функции в данных условиях.

Рост парциального давления углекислого газа в альвеолярном пространстве также способствовал оптимизации функционирования физиологических систем участвующих в массопереносе респираторных газов. Увеличение скорости потребления кислорода и выделение  $CO_2$  возможно связано с ростом

интенсивности клеточного дыхания, что, очевидно, повлияло на активность энергообеспечивающих систем организма.

Изменение уровня парциального давления углекислоты в альвеолярном пространстве определенным образом отразилось на механизмах регуляции вентиляторной функции. Снижение показателей объема легочной вентиляции в состоянии относительного покоя свидетельствовало о переходе легочной вентиляции на энергетически выгодный режим функционирования.

После коррекционных воздействий число значимых корреляционных пар уменьшилось (табл. 2). Корреляционный анализ позволил определить, что при гипокапническом статусе до тренировок у часто болеющих детей ведущим фактором, регулирующим процессы газообмена в легких, явилась инспираторная активность. Устранение нежелательных изменений в газообменной функции после дыхательной реабилитации способствовало не только качественным (что проявилось экспираторной активностью респираторной мускулатуры), но и количественным преобразованиям в работе системы внешнего дыхания ослабленных детей.

**Таблица 2.**

**Корреляционные связи вентиляторных показателей в состоянии относительного покоя у мальчиков 5-6 лет до и после применения респираторных тренировок**

корреляционные связи	
до респираторных тренировок	После респираторных тренировок
IVC – TRV $r=0,41$ , $p\leq 0,001$ ; IVC – ERV $r=0,65$ , $p\leq 0,001$ ; IVC – IC $r=0,51$ , $p\leq 0,001$ ; IC – MV $r=0,44$ , $p\leq 0,0011$ ; TRV - IC $r=0,65$ , $p\leq 0,001$ , TV - IC $r=0,45$ , $p\leq 0,001$ .	IVC – TRV $r=0,62$ , $p\leq 0,001$ IVC-ERV $r=0,41$ , $p\leq 0,001$ IVC - IC $r=0,70$ , $p\leq 0,001$ , TRV - IC $r=0,70$ , $p\leq 0,01$

Уменьшение числа значимых корреляционных пар обусловлено оптимизацией взаимоотношений регуляторных механизмов кислородного режима организма. Респираторные тренировки способствовали формированию дыхательных резервов, что подтверждается наличием стойких корреляционных взаимоотношений между IVC (жизненная емкость легких) – TRV (резервный объем вдоха),  $r=0,62$ ,  $p\leq 0,001$ ; IVC – ERV (резервный объем выдоха),  $r=0,41$ ,  $p\leq 0,001$ .

Рост экономичности вентиляторной функции определился изменением направленности корреляционных взаимосвязей и уменьшением числа корреляционных пар. Меньшее количество корреляций, зарегистрированных после респираторных тренировок, по сравнению с фоновыми показателями, свидетельствовало о снижении напряженности в функционировании механизмов

регуляции газообменной и вентиляторной функции, что выражалось минимальным подключением структурных компонентов в процесс функционирования системы. В связи с этим, дыхательная гимнастика может применяться в качестве фактора повышающего устойчивость детского организма к простудным заболеваниям.

### ВЫВОДЫ

1. Низкая эффективность дыхательной системы до проведения респираторных тренировок сопровождалась достаточно большим включением корреляционных связей между показателями газообменной и вентиляторной функции.
2. Использование респираторной гимнастики способствовало переходу системы внешнего дыхания на более эффективный режим работы за счет совершенствования механизмов регуляции дыхания, что отразилось уменьшением количества корреляционных взаимосвязей.
3. Оптимизация газового гомеостаза под влиянием дыхательной гимнастики сопровождалась формированием более рационального, физиологически совершенного типа дыхания (с усилением экспираторной активности), что способствовало повышению альвеолярной вентиляции и расширению диффузионной способности легких.
4. Наблюдаемые позитивные изменения, происходящие в вентиляторной и газообменной функции, свидетельствуют об эффективности воздействия дыхательных упражнений.

### Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Адаптация к гипоксии и био-экономика внешнего дыхания / Агаджанян Н.А., Гневушев В.В., Катков А.Ю. - М.: УДН, 1987. – 186 с..
2. Агаджанян Н.А. Организм и газовая среда обитания / Агаджанян Н.А. – М.: Медицина, 1972. – 134 с.
3. Баранов А.А. Состояние здоровья детей и подростков в современных условиях: проблемы и пути решения / А.А. Баранов // Рос. педиатр. журн. – 1998. – №1. – С. 5 – 8..
4. Сучасні досягнення спортивної медицини, лікувальної фізкультури та валеології : зб. наук. праць за матеріалами XII Міжнародної науково – практичної конференції, Одеса, 5 – 6 жовтня 2006 р. / МОЗ України, Одеський держ. мед. ун-т, НДІ валеології та спортивної медицини. – Одеса : Одеський держ. мед. ун-т, 2006. – 280 с.
5. Гублер Е.С. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов / Гублер Е.С. – Л.: Медицина, 1978. – 294 с.

**Алпєєва А.В. Роль кореляційних взаємозв'язків в оцінці функціональних можливостей системи зовнішнього дихання дітей дошкільного віку, які часто хворіють простудними захворюваннями / А.В. Алпєєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 3-8.**

У дітей, часто хворіючих простудними захворюваннями, збільшення кількості кореляційних взаємозв'язків між показниками газообмінної і вентиляторної функції можна розцінювати, як свідчення значної функціональної напруги системи зовнішнього дихання, а також як спробу системи розподілити навантаження на додаткову кількість її компонентів.

Респіраторне тренування, що сприяло активізації дихальної мускулатури, забезпечувало усунення небажаних змін в системі дихання, що виявлялося зниженням кількості кореляційних пар, зменшенням навантаження на структурні компоненти.

**Ключові слова:** респіраторне тренування, часто хворіючі на простудні захворювання діти, кореляційні взаємозв'язки, функціональна напруга системи зовнішнього дихання.

**Alpeeva A.V. The role of correlation of interconnections in estimation of functional possibilities of the external breathing system of preschool age children with frequent cold diseases / A.V. Alpeeva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 3-8.**

At children often being ill the cold diseases the increase of amount of correlation intercommunications between the indexes of function of an interchange gases and ventilator can be considered, as a certificate of considerable functional tension of the system of the external breathing, and also as an attempt of the system to distribute loading on the additional amount of its components.

The respirator training instrumental in activation of respiratory musculature provided the removal of undesirable changes in the system of breathing, that showed up the decline of amount of correlation pairs, reduction of loading on structural components.

**Keywords:** respirator training, children often being ill the cold diseases, correlation intercommunications, functional tension of the system of the external breathing.

*Поступила в редакцію 26.02.2010 г.*



**УДК 581.193.582.594**

**БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОДОВ  
СЕРHALANTHERA DAMASONIUM (MILL.) DRUCE. (ORCHIDACEAE JUSS.)  
В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН**

*Астапенко Н. А.*

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

Представлены результаты исследований коррелятивных связей между морфометрическими параметрами и весом плодов *C. damasonium*, а также между всхожестью и количеством полноценных семян.

**Ключевые слова:** корреляция, морфометрические параметры, *Cephalanthera damasonium*.

**ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что всхожесть семян орхидных в природных условиях невысока (5 %) [1], однако причины этого не выявлены, хотя имеется ряд предположений о физиологической и морфологической неполноценности семян [2, 3]. Очень низкий процент прорастания может быть связан с большим количеством семян без зародыша (до 80 % у *C. damasonium*), содержание которых зависит от местоположения плода в соплодии и его линейных параметров [3, 4]. Плоды орхидных характеризуются высокой степенью гетерогенности, которая проявляется в различии семян по размеру и степени дифференциации зародыша [2, 5]. В зависимости от местоположения в плоде отмечается различная скорость и процент прорастания семян в культуре *in vitro*. Поэтому, в связи с разработкой метода семенного асимбиотического размножения орхидных *in vitro*, актуальным становится исследование биоморфологических характеристик плодов и семян орхидных.

Цель данной работы заключалась в изучении морфометрических параметров плодов *C. damasonium*, а также коррелятивных связей между ними и с всхожестью семян.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Материалом исследований служили достигшие степени зрелости плоды *C. damasonium*, взятые из разных ярусов соцветия.

Измерение линейных параметров плодов проводили по общепринятым методам. Взвешивание плодов осуществлялось на торсионных весах. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы STATISTICA for Windows 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведенных исследований нами были получены данные о разнокачественности плодов, которая проявлялась в различии линейных параметров и веса плодов. Параметры исследованных плодов варьировали в зависимости от их положения на соцветии. Согласно полученным данным, наиболее крупные плоды (2,2–2,5 см / 0,8 см) располагаются в среднем ярусе соцветия (табл.1). Размеры плодов нижнего яруса соцветия немного меньше (1,8–2,0 см / 0,6–0,7 см), чем у плодов среднего яруса. Самыми мелкими являются плоды, занимающие верхушечное положение на соцветии (1,5–1,6 см / 0,5 см). Вес плодов варьировал от 65 мг до 100 мг (сухой вес). Было выявлено, что эти показатели тесно взаимосвязаны.

Таблица 1.

### Линейные параметры и вес плодов *C. damasonium* разных ярусов соцветия на стадии зрелости

Ярусы соцветия	Линейные параметры плодов		Вес плодов, мг
	Длина, см	Ширина, см	
Верхний	2,2–2,5	0,8	65–75
Средний	1,8–2,0	0,6–0,7	92–100
Нижний	1,5–1,6	0,5	78–90

При вычислении коррелятивных связей между такими биометрическими параметрами плодов как вес плода, длина и диаметр, оказалось, что эти показатели находятся в положительной коррелятивной связи, о чем свидетельствуют положительные значения и величины коэффициентов корреляций (табл. 2, рис.1-3).

Таблица 2.

### Значения коэффициентов корреляции (r) между весом и линейными морфометрическими показателями плодов *C. damasonium*

Вес	0,98828	0,89088
0,98828	Длина	0,86824
0,89088	0,86824	Диаметр

Между весом, длиной и диаметром плодов *C. damasonium* наблюдается положительная корреляция. Коэффициент корреляции веса и длины плодов при этом составляет  $r=0,99$ , а коэффициент корреляции веса и диаметра плодов составляет  $r=0,89$ . Таким образом, вес плода находится в выраженной прямой коррелятивной связи с его

линейными размерами. Показатели длин и диаметров плодов также находятся в положительной коррелятивной связи между собой ( $r=0,87$ ).

Полученные нами ранее результаты свидетельствуют о том, что значительная часть семян в плоде неспособна к прорастанию. Этот факт определяет общую всхожесть высеянных на питательную среду семян. Для повышения эффективности метода семенного асимбиотического размножения необходимо было выяснить, чем объясняется низкая всхожесть – большим количеством неполноценных семян или неподходящими условиями культивирования.

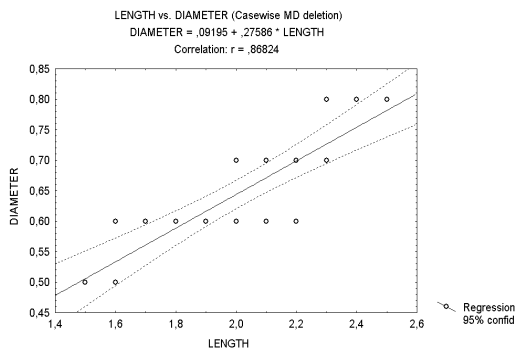


Рис. 1. Графическое выражение корреляции между длиной и диаметром плода.

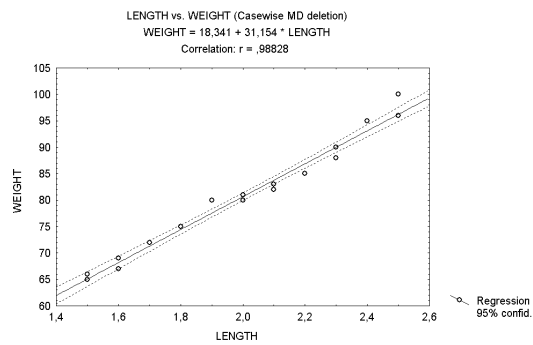


Рис. 2. Графическое выражение корреляции между длиной и весом плода.

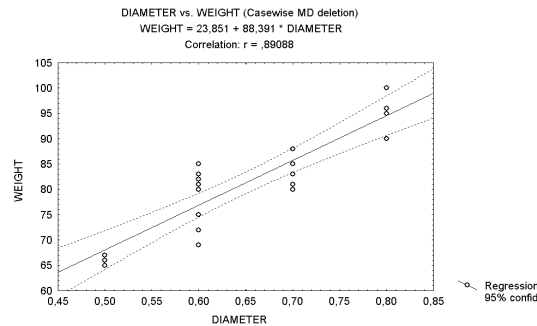


Рис. 3. Графическое выражение корреляции между диаметром и весом плода.

При вычислении коррелятивных связей между такими параметрами как всхожесть и % полноценных семян, а также весом плодов, из которых были взяты семена для посадки, оказалось, что эти показатели находятся в положительной коррелятивной связи, о чем свидетельствуют положительные значения и величины коэффициентов корреляций (табл. 3, рис. 4-6).

Таблица 3.  
Значения коэффициентов корреляции (r) между всхожестью, % полноценных семян и весом плодов *C. damasonium*

Всхожесть	0,99121	0,92511
0,99121	% полноценных семян	0,92106
0,92511	0,92106	Вес плодов

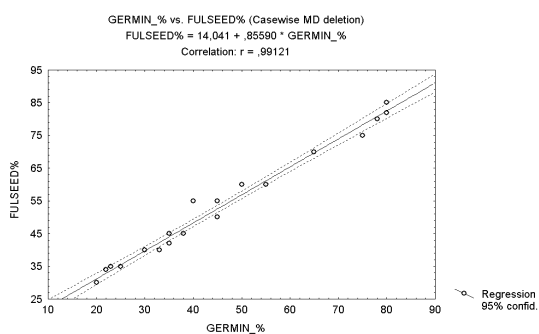


Рис. 4. Графическое выражение корреляции между всхожестью и процентом полноценных семян.

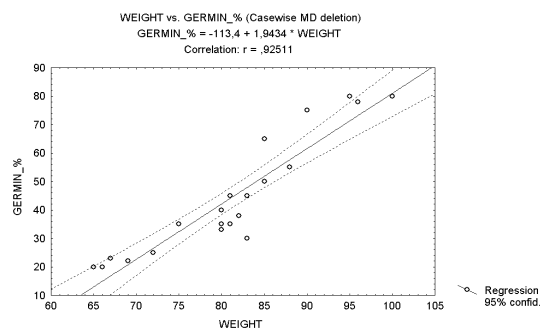


Рис. 5. Графическое выражение корреляции между весом плодов и всхожестью.

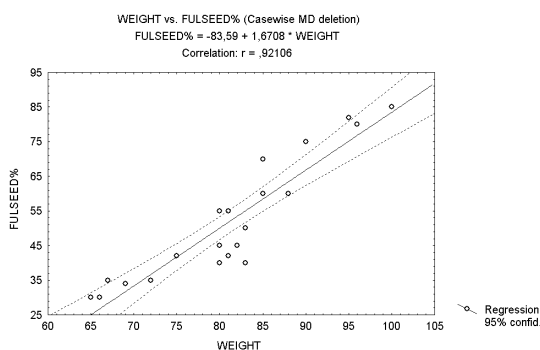


Рис. 6. Графическое выражение корреляции между весом плодов и процентом полноценных семян.

Между всхожестью, % полноценных семян и весом плодов *C. damasonium* наблюдается положительная корреляция. Коэффициент корреляции всхожести и % полноценных семян при этом составляет  $r=0,99$ , коэффициент корреляции всхожести и веса плодов составляет  $r=0,93$ , а коэффициент корреляции веса плодов и % полноценных

семян составляет  $r=0,92$ . Таким образом, можно утверждать, что всхожесть напрямую зависит от количества полноценных семян, основная масса которых находится в плодах большего веса, что вероятно связано с трофическими факторами.

### ВЫВОДЫ

1. Выявлена разнокачественность плодов *C. damasonium*, которая проявляется в различии линейных параметров и веса плодов в зависимости от их положения на соцветии.
2. Определено, что вес плода находится в выраженной прямой коррелятивной связи с его линейными размерами.
3. Установлена прямая коррелятивная связь между всхожестью и количеством полноценных семян.
4. Показано, что большее количество полноценных семян сосредоточено в плодах большего веса.

### Список литературы

1. Андропова Е.В. Культивирование in vitro семян и зародышей видов рода *Dactylorhiza nevski* (Orchidaceae) / Е.В. Андропова // Укр. ботан. журн. – 1986. – №6. – С. 79–81.
2. Шевцова Г.Г. Развитие репродуктивных структур *Cymbidium hybridum Hort. u Dactylorhiza maculate L. (Soo)* в культуре in vitro: автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаника» / Г.Г. Шевцова – Кишинев, 1989. – 25 с.
3. Теплицкая Л.М. Изучение морфометрических параметров семян орхидных флоры Крыма в связи с проблемой их прорастания in vitro / Теплицкая Л.М., Ржевская В.С., Янцев А.В. // Тематический сборник научных трудов «Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана». – 2005. – С. 98–106.
4. Потенциальная всхожесть, индивидуальная и географическая изменчивость семян Пальчатокоренника мясо-красного – *Dactylorhiza incarnata (L.) Soo* / Т.Н. Виноградова, А.Н. Пегова, А.И. Осипьянц [и др.] // Биол. вестник. – 2003. – № 1-2. – С. 64–66.
5. Терехин Э.С. Семя и семенное размножение / Терехин Э.С. – СПб. : Мир и семья, 1996. – 377 с.

**Астапенко Н.А. Біоморфологічні дослідження плодів *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce (Orchidaceae) у зв'язку з проблемою проростання насіння / Н.А. Астапенко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 9-13.**

Представлені результати досліджень корелятивних зв'язків між морфометричними параметрами і вагою плодів *C. damasonium*, а також між схожістю і кількістю повноцінного насіння.

**Ключові слова:** кореляція, морфометричні параметри, *Cephalanthera damasonium*.

**Astapenko N.A. Biomorphological researches of fruits of *Cephalanthera damasonium* (Mill.) Druce (Orchidaceae) in connection with the problem of seed's germination / N.A. Astapenko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 9-13.**

The results of researches of correlations between the *C. damasonium* morphometrical parameters and fruit's weight, and also between a germination and amount of full seed are presented.

**Keywords:** correlation, morphometrical parameters, *Cephalanthera damasonium*.

Поступила в редакцію 15.02.2010 г.

**УДК 612. 213**

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА  
ИСПЫТУЕМЫХ В ВОСТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ  
ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОБЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ  
УПРАВЛЯЕМОГО ДЫХАНИЯ С ИНДИВИДУАЛЬНО ПОДОБРАННОЙ  
ЧАСТОТОЙ**

*Бирюкова Е.А., Чуян Е.Н., Богданова О.Д.*

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

Изучены изменения показателей variability сердечного ритма в течение 30-минут восстановительного периода после субмаксимальной физической нагрузки у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции под воздействием управляемого дыхания (УД), частота которого соответствует частоте локализации максимального пика мощности в низкочастотном диапазоне спектра сердечного ритма.

Показано, что десятидневное УД с индивидуально подобранной частотой приводит к увеличению адаптивных возможностей организма, оптимизации регуляторных механизмов, снижению энергетических затрат и повышению скорости восстановительных процессов у испытуемых в ответ на субмаксимальную физическую нагрузку.

**Ключевые слова:** управляемое дыхание, variability сердечного ритма, восстановительный период, велоэргометрическая проба.

**ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что восстановление физиологических функций после интенсивной мышечной деятельности является естественным свойством организма человека, существенно определяющим его функциональное состояние. Поэтому скорость и характер восстановительных процессов после физических нагрузок являются одним из критериев оценки адаптационных резервов организма испытуемых.

В настоящее время среди многочисленных диагностических методов исследований большое значение придается функциональным пробам с дозированной физической нагрузкой, поскольку во время их проведения происходит активация всех звеньев кардиореспираторной системы (КРС) [1]. Получение информации о состоянии КРС в целом и ее функциональной работоспособности возможно методом анализа переходных процессов в этой системе, являющихся критерием качества регуляторных механизмов [2].

Для реализации такого подхода удобно использовать анализ variability сердечного ритма (ВСР), который является неинвазивным методом исследования вегетативных влияний на сердце и позволяет оценить функциональное состояние

различных отделов вегетативной нервной системы (ВНС) посредством их воздействия на сердечный ритм (СР) [3].

Ранее в наших исследованиях [4] показана возможность модулирования ВСР у испытуемых с разным тонусом вегетативной нервной системы (ВНС) различными внешними влияниями, в том числе и управляемым дыханием (УД) с индивидуально подобранной частотой (ИПЧ), которая соответствует частоте локализации максимального пика мощности СР в низкочастотном (LF) диапазоне спектра, при этом УДИПЧ является мощным механизмом управления СР и влияет на функциональное состояние КРС.

Однако эти данные могут быть существенно дополнены анализом изменения показателей ВСР в восстановительном периоде после физической нагрузки, в качестве которой можно использовать велоэргометрическое (ВЭМ) тестирование.

В связи с этим, целью настоящей работы явилась оценка изменения показателей ВСР в течение 30-минутного восстановительного периода после субмаксимальной физической нагрузки у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции под воздействием УДИПЧ.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 53 студента-волонтера женского пола в возрасте 18-23 лет, условно здоровых, без признаков патологии КРС. Фаза менструального цикла не учитывалась. Все испытуемые дали добровольное согласие на участие в исследовании.

Предварительная запись ВСР с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-М» (производство научно-исследовательской лаборатории «Динамика», г. Санкт-Петербург) выявила индивидуально-типологические отличия этих испытуемых, связанные, в частности, со значениями стресс-индекса ( $S_i$ ). Известна классификация Баевского Р.М. [5], согласно которой испытуемых со средними значениями  $S_i$  ( $50 \leq S_i \leq 200$  усл.ед.) относят к нормотоникам, с высокими значениями ( $S_i \geq 200$  усл.ед.) – к симпатотоникам и низкими ( $S_i \leq 50$  усл.ед.) – к ваготоникам. В соответствии с этим все испытуемые были разделены на 3 группы: I – со средними значениями  $S_i$  – 40 % (n=21); II – с высокими значениями  $S_i$  – 30 % (n=16) и III – с низкими значениями  $S_i$  – 30 % (n=16). В эксперимент было отобрано равное количество волонтеров всех трех групп (всего 24 человека, по 8 человек в каждой группе). Такой отбор позволил сформировать однородные группы испытуемых.

В первый день исследования регистрацию показателей ВСР с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-М» проводили на фоне спонтанного дыхания – контрольная запись.

Для реализации поставленной цели были использованы показатели, являющиеся маркерами функционального состояния испытуемых и относящиеся к разным методам анализа ВСР: общая мощности спектра СР (TP,  $ms^2$ ; спектральный анализ),  $S_i$  (усл.ед.; метод вариационной пульсометрии по Баевскому) и Health (%; метод фрактальной нейродинамики; ФНД), которые подробно описаны в литературе и наших предыдущих исследованиях [5-8].

Затем проводили ВЭМ-пробу и повторную регистрацию показателей ВСР в

течение 30-ти минут (6 записей по 5 минут) восстановительного периода.

ВЭМ пробу у испытуемых проводили с помощью велоэргометра «KETTLER-X1» (производство «GmbH&Co postfach», Германия) в положении сидя с частотой вращения педалей 40-60 оборотов в минуту по методике ступенчато-возрастающей нагрузки (всего 3 ступени). Динамическая нагрузка продолжалась до достижения частоты сердечных сокращений (ЧСС) 75 % от максимального возрастного уровня. Данный метод предложен К. Andersen и соавт. [9] и рекомендован к применению Комитетом экспертов ВОЗ. Продолжительность каждой ступени нагрузки составляла 3 мин, начальный уровень нагрузки (I-я ступень) – 75 Вт, II-я – 100 Вт и III-я – 125 Вт. [10]. Критерием прекращения теста являлось достижение испытуемым субмаксимальной ЧСС (пробу заканчивали к моменту истечения текущей минуты) [11].

В последующие 10 дней эксперимента ежедневно в одно и то же время [12] с испытуемыми проводили сеансы УД, частота которого соответствовала частоте локализации максимального пика мощности в низкочастотном (LF) диапазоне СР [13].

Во время сеанса УДИПЧ каждый испытуемый дышал под индивидуальный ритм, задаваемый «дыхательным шаром», параметры которого рассчитывались по ритмограмме, записанной непосредственно перед сеансом дыхания на АПК «Омега» [14].

Продолжительность сеанса УДИПЧ составляла около 5-ти минут. Повторную запись ритмограммы проводили не ранее, чем через 5 минут после окончания сеанса УДИПЧ.

На 10-й день исследования повторно проводили ВЭМ пробу и 30-тиминутную регистрацию показателей ВСР.

Критерием эффективности используемого метода являлось изменение показателей ВСР относительно фоновой записи до нагрузочного тестирования и УДИПЧ и контрольной записи, показателей ВСР, полученной в 10-й день исследования до нагрузочного тестирования.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ «Омега-М», «Статистика 6.0» и «Microsoft Excel». Достоверность различий полученных данных определяли с помощью критерия Вилкоксона.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Сравнительный анализ результатов исследований в 1-е (фон) и 11-е (после 10-тидневного курса УДИПЧ) сутки показал отличия в функциональном состоянии испытуемых, выраженные в достоверном изменении производных показателей ВСР волонтеров после курса УДИПЧ (рис. 1-3). Эти изменения подробно описаны в наших предыдущих исследованиях [15] и связаны с тем, что 10-тидневный курс УДИПЧ приводит к оптимизации управляющих функций СР испытуемых на разных уровнях регуляции.

Анализ показателей ВСР, записанных до после УДИПЧ, показал увеличение у волонтеров выделенных групп значений показателя Si и снижение показателей общей мощности спектра СР (TP) и Health в первые минуты после проведения ВЭМ-пробы в среднем в 5-7 раз ( $p < 0,05$ ) относительно фоновых значений (рис. 1-3).

Однако анализ следующих записей ВСР, произведенных с 5-ой по 30-ую минуту после ВЭМ-тестирования позволил зарегистрировать изменения динамики



восстановительных процессов у испытуемых выделенных групп под воздействием 10-тидневного курса УДИПЧ.

Так, после 10-тидневного курса УДИПЧ у испытуемых 1-ой группы (нормотоников) уже с 15-ой по 20-ую минуту восстановительного периода происходило достоверное снижение показателя  $S_i$  на 59,2 % ( $p < 0,05$ ) относительно его значений в 1-е (фоновые) сутки исследования. Однако наибольшие изменения данного показателя были зарегистрированы с 25-ой по 30-ую минуту после ВЭМ тестирования и составили 49,1 % относительно записи, полученной в то же время в 1-е сутки (рис. 1). У испытуемых 2-ой группы (ваготоников) достоверные различия в значениях исследуемого показателя в 1-е и 11-е сутки исследования регистрировали также с 15-ой по 20-ую минуту восстановления, и с 25-ой по 30-ую минуту они достигали 42,7 % ( $p < 0,05$ ) от значений  $S_i$  в это же время восстановления в фоновый день исследования. У испытуемых 3-ей группы (симпатотоников) достоверные различия в динамике данного показателя до и после курса УДИПЧ были зарегистрированы уже с 10-ой по 15-ую минуту, и с 25-ой по 30-ую минуту восстановительного периода они составляли 37,8 % ( $p < 0,05$ ) от значений  $S_i$  в фоновый день исследования (рис. 1).

Так, наиболее ранние и более эффективные изменения показателя  $S_i$  были зарегистрированы в группе симпатотоников, с исходно высокими значениями данного показателя.

Известно, что  $S_i$  отражает уровень напряженности регуляторных систем [5]. Заметим, что  $S_i$  увеличивается в 1,5-5,0 раз при физической нагрузке, в 1,1-3,9 раза при эмоциональном предэкзаменационном стрессе у студентов и школьников, в 1,4-1,7 раза у космонавтов во время магнитной бури, в 20-30 раз у спортсменов, участвующих в соревнованиях по спортивным играм и в единоборствах, что свидетельствует о состоянии сильнейшего функционального напряжения, «на грани срыва адаптации» [16]. Таким образом, полученные результаты исследования свидетельствуют о том, что курсовое УДИПЧ приводит к снижению напряженности, увеличению стрессоустойчивости и эффективности восстановительных процессов у испытуемых после проведения ВЭМ.

Полученные данные подтверждаются анализом показателя общей мощности спектра СР (ТР), который отражает суммарную активность вегетативных воздействий на СР [6, 17].

Следует отметить, что у испытуемых с нормальным тонусом ВНС (I-я группа) достоверные отличия в динамике данного показателя в разные сроки исследования были зарегистрированы уже в период с 10-ой по 15-ую минуту исследования, а максимальных значений достигали к 25-ой-30-ой минуте (176,5 % ( $p < 0,05$ ) относительно значений этого показателя в 1-й день исследования; рис. 2). У испытуемых-ваготоников (II-ая группа) достоверные различия в значениях исследуемого показателя в 1-е и 11-е сутки исследования регистрировали начиная только с 20-ой по 25-ую минуту восстановления, однако с 25-ой по 30-ую минуту – они достигали 195,7% ( $p < 0,05$ ) от значений ТР в это же время в фоновый день исследования. А у волонтеров-симпатотоников (III-я группа) различия в динамике данного показателя до и после курса УДИПЧ были зарегистрированы с 15-ой по 20-ую

минуту, а с 25-ой по 30-ую минуту восстановительного периода они составляли 212,2 % ( $p < 0,05$ ) от значений ТР в фоновый день исследования (рис. 2).

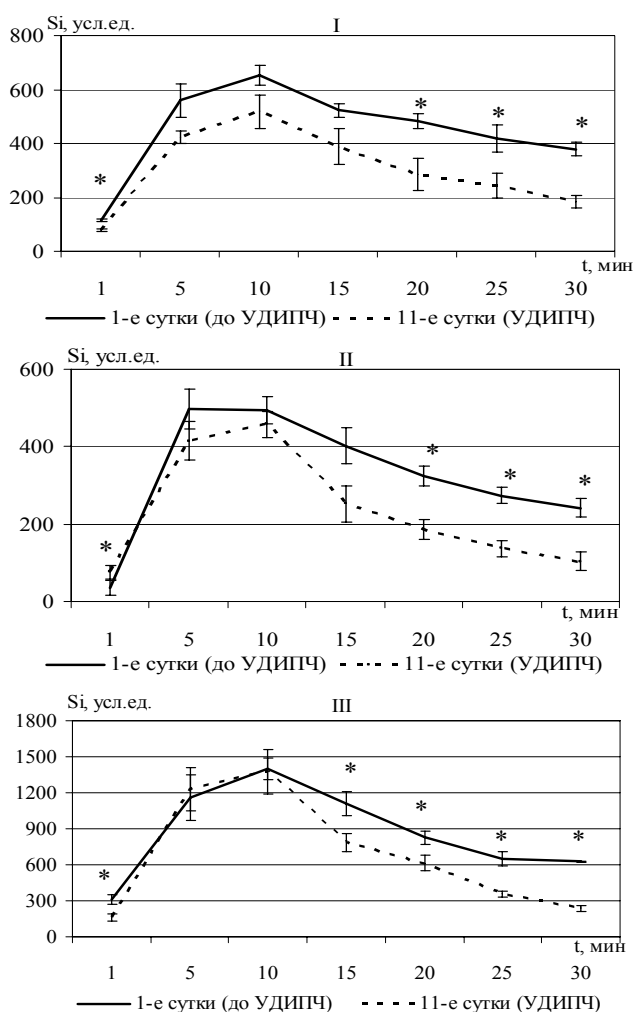


Рис. 1. Изменение показателя  $S_i$  ( усл.ед) на протяжении 30-ти минут восстановительного периода после ВЭМ-пробы у испытуемых под воздействием УДИПЧ в разные сроки эксперимента. Примечание: \* – достоверность различий ( $p < 0,05$ ) по критерию Вилкоксона, относительно значений полученных при ВЭМ-тестировании в 1-й (фоновый) день исследования в группах испытуемых: I – со средними значениями  $S_i$ , II – с низкими значениями  $S_i$ , III – с высокими значениями  $S_i$ .

Следует отметить, что наибольшие изменения показателя ТР под воздействием курса УДИПЧ были зарегистрированы в группе симпатотоников, однако в группе нормотоников различия в эффективности восстановительных процессов до и после

УДИПЧ регистрировали уже на более ранних сроках (10-15-я минута восстановительного периода; рис. 2). Таким образом, полученные данные могут свидетельствовать о индивидуально-типологических отличиях в изменении скорости восстановительных процессов организма испытуемых под воздействием УДИПЧ.

Известно, что показатель TP отражает суммарную активность вегетативных воздействий на СР. Вагусная активация обычно сопровождается увеличением TP [17], в то время как при повышении активности симпатического отдела ВНС значения этого показателя снижаются.

Следовательно, полученные нами данные об увеличении общей мощности спектра СР в восстановительном периоде после ВЭМ у испытуемых всех трех групп под воздействием УД на частоте низкочастотной составляющей спектра СР может свидетельствовать об увеличении вагусных воздействий и оптимизации барорефлекторной регуляции, а, следовательно, и большей активации вегетативного контура регуляции КРС по сравнению с данными, полученными в фоновый день исследования до УДИПЧ.

Полученные данные подтверждаются и анализом показателей ФНД, наиболее информативным из которых является показатель общего функционального состояния (Health), отражающий общее состояние организма.

Следует отметить, что достоверные отличия в динамике данного показателя под воздействием УДИПЧ у всех испытуемых были зарегистрированы уже с 15-ой по 20-ую минуту исследования, а максимальных значений этот показатель достигал к 25-ой – 30-ой минуте исследования. Так, у испытуемых I-ой группы (нормотоников) на 11-е сутки исследования к 30-ой минуте восстановительного периода значения показателя Health были на 65,6 % ( $p < 0,05$ ) выше, чем в 1-е сутки исследования до УДИПЧ. У испытуемых-ваготоников (II-ая группа) эти различия составили 97,3 % ( $p < 0,05$ ), а у испытуемых III-ей группы (симпатотоников) значения показателя Health были на 251,4 % ( $p < 0,05$ ) выше, чем на 30-ую минуту восстановительного периода в 1-й день исследования (рис. 3).

Так, наиболее эффективные изменения показателя Health были так же зарегистрированы в группе симпатотоников, что может свидетельствовать о большей чувствительности испытуемых данной группы к УДИПЧ.

Как свидетельствуют литературные данные [14], Health является результатом усреднения интегральных показателей, характеризующих активность всех уровней регуляции СР.

Таким образом, увеличение скорости прироста под влиянием УДИПЧ значений показателя Health после нагрузочного тестирования свидетельствует о том, что УД с частотой колебаний низкочастотной компоненты спектра СР обеспечивает оптимизацию управляющих функций СР на разных уровнях регуляции, способствуя увеличению скорости восстановления физиологических функций организма испытуемых после физической нагрузки.

Таким образом, под влиянием курса УДИПЧ в восстановительном периоде после ВЭМ тестирования произошло более эффективное снижение показателя Si и повышение TP и Health, что свидетельствует об оптимизации функционального

состояния и увеличении толерантности к физической нагрузке организма испытуемых выделенных групп.

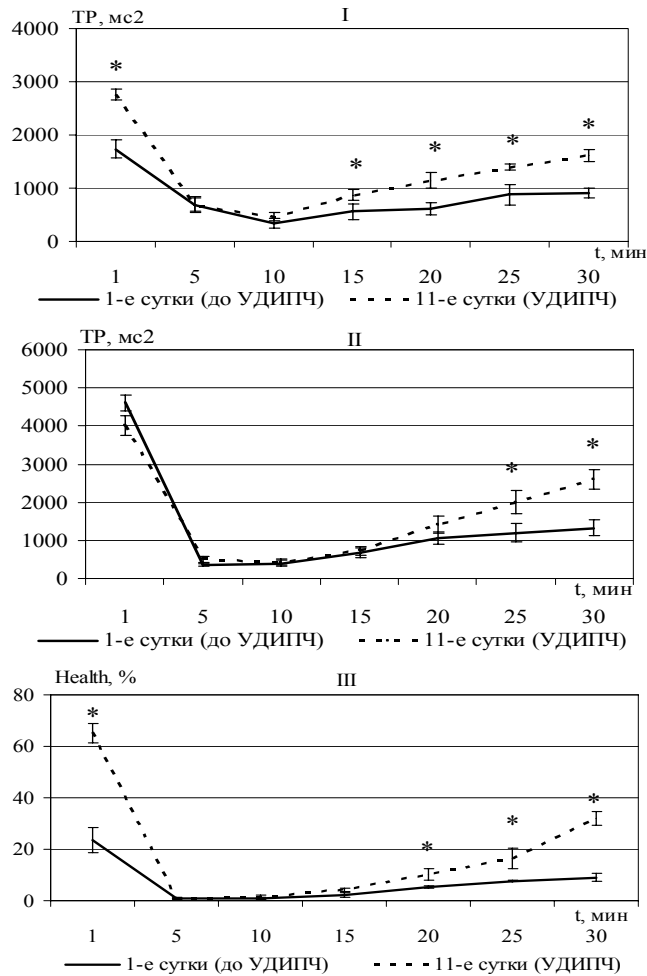


Рис. 2. Изменение показателя общей мощности спектра СР (TP, мс<sup>2</sup>) на протяжении 30-ти минут восстановительного периода после ВЭМ-пробы у испытуемых под воздействием УДИПЧ в разные сроки эксперимента. Примечание: обозначения те же, что и на Рис.1.

Вместе с тем, выявлены индивидуальные различия в реакции на УДИПЧ у испытуемых с разным тоном ВНС. Так, в большей степени восстановление изученных показателей ВСП происходило у испытуемых с высокими значениями  $S_i$  ( $S_i \geq 200$  усл.ед.), характеризующихся симпатическим типом вегетативной регуляции и низкими показателями функционального состояния [7, 8]. Такие изменения у испытуемых под влиянием УДИПЧ, по-видимому, объясняются законом

«начальных значений» Вильдера-Лейтеса, основной смысл которого состоит в «стягивании исходно различных значений показателя к единому уровню. Этап реакции, состоящий в уменьшении дисперсии признака, формируется чаще в зоне средних значений физиологической нормы» [18].

Следует отметить, что в наших предыдущих исследованиях [4] у испытуемых-ваготоников, характеризующихся исходно высокими показателями ФС и оптимальным балансом регуляторных механизмов в разные сутки исследования под воздействием УДИПЧ не было выявлено достоверных изменений показателей ВСП. Однако проведение нагрузочного тестирования позволило зарегистрировать значительные изменения функционального состояния, выраженные в увеличении скорости восстановительных процессов, что, по-видимому, может быть связано с повышением анаэробного порога и снижением уровня стресса организма в ответ на физическую нагрузку испытуемых под влиянием УДИПЧ. Это позволяет существенно дополнить полученные ранее данные и свидетельствует о возможности оптимизации функционального состояния испытуемых-ваготоников с помощью УД, частота которого соответствует частоте локализации максимального пика спектральной мощности в низкочастотном диапазоне спектра СР.

Известно, что адаптация к физической нагрузке представляют собой общебиологическое явление, затрагивающее различные уровни функциональной интеграции и вызывающее изменение регуляторных механизмов. Перспектива развития процесса зависит как от исходного функционального состояния, так и от компенсаторных возможностей организма испытуемых.

Для наиболее быстрого и полного восстановления физиологических функций характерна ускоренная перестройка механизмов регуляции. Ускорение этого перехода обусловлено снижением тонуса симпатического и повышением тонуса парасимпатического отдела ВНС, что и зарегистрировано в нашем исследовании у испытуемых с разным тонусом ВНС под воздействием курса УДИПЧ.

Полученные данные, по-видимому, можно объяснить следующим. Известно [19], что процесс дыхания контролируется целым набором физиологических механизмов, которые через систему хемо- и барорецепторов, центральную и периферическую нервную систему реализуют процесс взаимодействия легочного и сердечно-сосудистого коллекторов, включая в этот контур, практически все органы и ткани организма. Контролируя различные фазы дыхательного акта, можно существенным образом оптимизировать внутриклеточный метаболизм конкретных органов и, таким образом, не только улучшать состояние организма и повышать функциональные параметры органов и систем, но и активировать защитные свойства клеток, обеспечивая немедикаментозное восстановление органов и тканей, вовлеченных в восстановительный процесс после субмаксимального нагрузочного тестирования. По силе и направленности эффекта УДИПЧ можно сравнить лишь с фармакологическим воздействием. Вместе с тем, простота процедуры, широкий диапазон регламентации и контроля, отсутствие побочных эффектов и противопоказаний отдают приоритет применению УДИПЧ для оптимизации функционального состояния, повышения толерантности к нагрузке и эффективности восстановительных процессов организма испытуемых при интенсивных физических нагрузках.

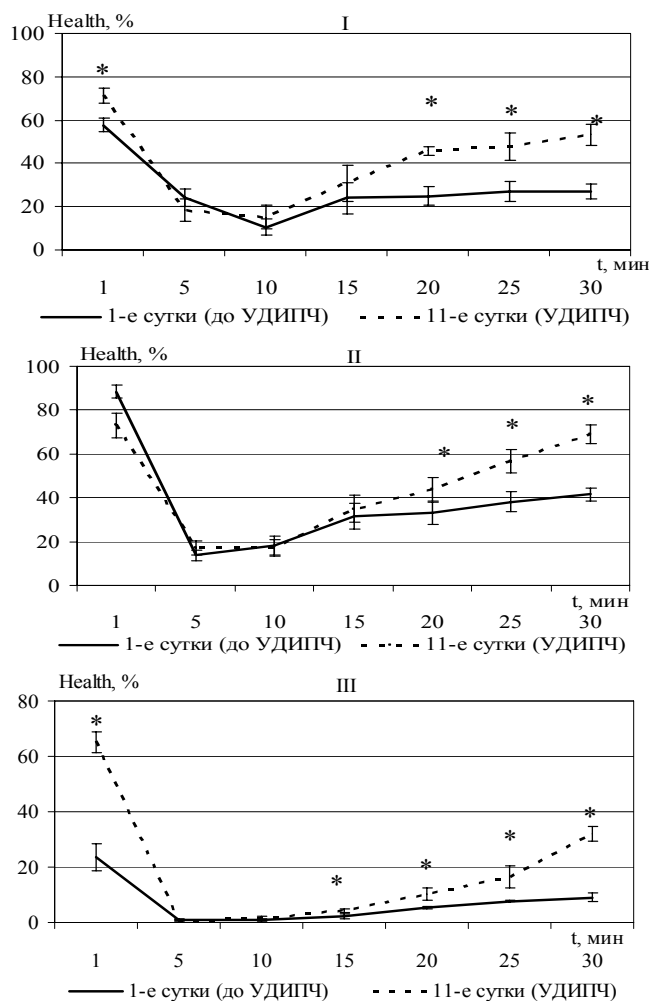


Рис. 3. Изменение показателя Health (%) на протяжении 30-ти минут восстановительного периода после ВЭМ-пробы у испытуемых под воздействием УДИПЧ в разные сроки эксперимента. Примечание: обозначения те же, что и на Рис.1.

Таким образом, согласно приведенным результатам исследования, десятидневное воздействие УДИПЧ у испытуемых в ответ на субмаксимальную физическую нагрузку приводит к увеличению адаптивных возможностей организма, оптимизации регуляторных механизмов, снижению энергетических затрат и повышению скорости восстановительных процессов.

### ВЫВОДЫ

1. Десятидневное УДИПЧ у испытуемых в ответ на субмаксимальную физическую нагрузку приводит к увеличению адаптивных возможностей организма,

- оптимизации регуляторных механизмов, снижению энергетических затрат и повышению скорости восстановительных процессов.
2. Курсовое УДИПЧ приводит к снижению стресс-индекса и увеличивает эффективность восстановительных процессов у испытуемых после проведения велоэргометрической пробы.
  3. Увеличение общей мощности спектра сердечного ритма в восстановительном периоде после велоэргометрической пробы свидетельствует о увеличении вагусных воздействий и активации вегетативного контура регуляции у испытуемых с разным тонусом вегетативной нервной системы под воздействием УДИПЧ.
  4. Управляемое дыхание с частотой колебаний низкочастотной компоненты спектра сердечного ритма приводит после физической нагрузки к изменению вариабельности сердечного ритма, способствуя увеличению скорости восстановительных процессов и оптимизации общего функционального состояния организма испытуемых с разным тонусом вегетативной нервной системы.

#### Список литературы

1. Карпов Р.С. Атеросклероз: патогенез, клиника, функциональная диагностика, лечение // Р.С. Карпов, В.А. Дудко. – Томск, 1998. – 656 с.
2. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / Анохин П.К. – М., 1975. – 447 с.
3. Рябыкина Г.В. Анализ вариабельности ритма сердца / Г.В. Рябыкина, А.В. Соболев // Кардиология. – 1996. – № 10. – С. 87–97.
4. Бирюкова Е.А. Синхронизация колебательных процессов в кардио-респираторной системе испытуемых с разным типом вегетативной регуляции / Е.А. Бирюкова, Е.Н. Чуян, О.Д. Богданова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 4 – С. 18–29.
5. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
6. Михайлов В.М. Вариабельность сердечного ритма: Опыт практического применения / Михайлов В.М. – Иваново: Нейрософт, 2000. – 200 с.
7. Индивидуальный профиль функционального состояния организма студентов с различным типом вегетативной регуляции / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2009. – Том 22 (61), №2. – С.152–165
8. Особенности системы вегетативного управления сердцем у испытуемых с различным типом вегетативной регуляции / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2009. – Том 22 (61), №1. – С.113–133.
9. Fundamentals of exercise testing / [K. Andersen, R. Shephard, H. Denolin et al.] – Geneva, 1979. – 320 p.
10. Аронов Д.М. Функциональные пробы с физической нагрузкой / Д.М. Аронов // Болезни сердца и сосудов: руководство для врачей. Т.1 / Под ред. Е.И. Чазова. – М., 1992. – С. 292-311.
11. Проведение пробы с физической нагрузкой с использованием пакета программ «КардиоКит»: метод. рекомендации.– СПб: Биосигнал, 2003. – 24 с.
12. Heart rate dynamics during human sleep / C. Cajochen, J. Pischke, D. Aeschbach [et al]. // *Physiol. Behav.* 1994. – Vol. 55, № 4.– P. 769.
13. Деклараційний патент України №38559, МПК 51 А 61N2/00/ на корисну модель „Спосіб корекції функціонального стану організму людини?/ Чуян О.М., Бірюкова О.А., Раваєва М.Ю./ Опубл. 12.01.2009 Бюл. №1.

14. Система комплексного компьютерного исследования функционального состояния организма человека «Омега-М»: док. пользователя. – СПб., 2007. – 66 с.
15. Изменение показателей variability ритма сердца и фрактальной нейродинамики в условиях управляемого дыхания на частоте колебаний спектра сердечного ритма / Е.Н. Чуян, Е.А. Бірюкова, М.Ю. Раваева [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер «Биология, химия». – 2009. Т. 22 (61), №3. – 181–198.
16. Регуляция variability сердечного ритма человека с помощью крайне слабых переменных магнитных полей / В.В. Леднев, Н.А. Белова, А.М. Ермаков [и др.] // Биофизика. – 2008. – Т.53, вып. 6, – С. 1129–1137.
17. Heart rate variability: Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – V.93. – P.1043–1065.
18. Плеханов Г.Ф. Зависимость реакции биосистемы на раздражитель от ее исходного значения / Г.Ф. Плеханов, Н.В. Васильев, Т.И. Козлова // Бюл. Сиб. отд. АМН СССР. – 1989. – № 2. – С. 83–86.
19. Variability сердечного ритма. Теоретические аспекты и практическое применение: материалы докладов междунар. симпозиума. – Ижевск, 1996. – 225с.

**Бірюкова О.О. Зміна показників variability серцевого ритму у випробовуваних під час відновного періоду після велоергометричної проби під впливом керованого дихання з індивідуально підбраною частотою / О.О. Бірюкова, О.М. Чуян, О.Д. Богданова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 14-24.**

Вивчені зміни показників variability серцевого ритму протягом 30-хвилин відновного періоду після субмаксимального фізичного навантаження у випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції під впливом керованого дихання (КД), частота якого відповідає частоті локалізації максимального піку потужності в низькочастотному діапазоні спектру серцевого ритму.

Показано, що десятиденне УД з індивідуально підбраною частотою приводить до збільшення адаптивних можливостей організму, оптимізації регуляторних механізмів, зниження енергетичних витрат і підвищення швидкості відновних процесів у випробовуваних у відповідь на субмаксимальне фізичне навантаження.

**Ключові слова:** кероване дихання, variability серцевого ритму, відновний період, велоергометрична проба.

**Birukova E.A. The change of heart rate variability indicators at examinees in regenerative period after bicycle ergometric test under the controlled breathing influence with individually picked up frequency / E.A. Birukova, E.N. Chujan, O.D. Bogdanova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 14-24.**

Changes of heart rate variability indicators within 30-minutes regenerative period after the submaximum physical activity at examinees with different types of vegetative regulation under the controlled breathing (CB) influence which frequency corresponds to frequency of localisation of the maximum peak of capacity in a low-frequency range of a spectrum of a warm rhythm were studied.

It is shown that ten-day CB with individually picked up frequency leads to increase in adaptive capability of an organism, optimization of regulating mechanisms, decreasing in power expenses and increasing of regenerative speed processes at examinees in answer to the submaximum physical activity.

**Keywords:** controlled breathing, heart rate variability, the regenerative period, bicycle ergometric test.

*Поступила в редакцію 25.04.2010 г.*



**УДК 612.6.057-053.81 : 612.014.1**

## **СТАТЕВІ ВІДМІННОСТІ У СТАНІ СИСТЕМИ СИНТЕЗУ ОКСИДУ АЗОТУ У ЗДОРОВИХ МОЛОДИХ ЛЮДЕЙ ВІКОМ 18-20 РОКІВ**

*Богдановська Н.В.*

*Запорізький національний університет, Запоріжжя, Україна  
E-mail: nadezhdabg@rambler.ru*

Проведено біохімічне дослідження плазми крові практично здорових юнаків та дівчат 18-20 років до і після фізичних тренувань. Отримані матеріали дозволили констатувати об'єктивне існування статевих відмінностей у стані системи синтезу оксиду азоту. Для юнаків була характерна більш висока інтенсивність окисного шляху синтезу NO за участю конститутивної NO-синтази, а також домінування даного шляху синтезу оксиду азоту над відновлювальним ресинтезом NO і його синтезом за рахунок підвищення активності кальційнезалежної індукцйбельної NO-синтази.

**Ключові слова:** оксид азоту, система синтезу, фізичні тренування, статеві відмінності, юнаки, дівчата

### **ВСТУП**

Вивченню статевих особливостей різних фізіологічних систем організму практично здорових осіб та осіб з певними відхиленнями у стані здоров'я, присвячена останнім часом досить велика кількість експериментальних досліджень [1, 2].

Зокрема, показано об'єктивний вплив статевої приналежності на рівень поточного функціонального стану серцево-судинної, дихальної, ендокринної, нервової та інших фізіологічних систем, а також на характер їх реакції при дії різних факторів зовнішнього середовища [3, 4].

Разом з тим, практично не вивченими є питання, що стосуються статевих особливостей системи синтезу оксиду азоту, що розглядається цілим рядом авторів як найважливіший регулятор різних фізіологічних функцій організму [5-8].

Актуальність представленої проблеми стала передумовою для проведення даного дослідження.

### **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ**

В експерименті взяли участь 57 практично здорових молодих людей віком 18-20 років (28 дівчат і 29 юнаків). Всі обстежувані протягом восьми місяців два рази на тиждень займалися в групах степ-аеробіки.

Для оцінки стану різних шляхів синтезу оксиду азоту у всіх юнаків і дівчат до, та через 4 і 8 місяців систематичних фізичних тренувань визначали наступні показники: вміст у плазмі крові нітрит ( $\text{NO}_2^{-2}$ ) і нітрат ( $\text{NO}_3^{-3}$ ) -аніонів, сечовини, активність ферментів основних шляхів перетворення L-аргініну (аргінази, Ca-залежної конститутивної і Ca-незалежної індукцйбельної) NO-синтази (cNOS,

iNOS), активність NADH-залежної нітратредуктази. На підставі цих даних додатково розраховували частку нітрит-аніонів в загальній сумі стабільних метаболітів оксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ,%), частку NOS (iNOS,%), а також Σактивності iNOS у сумарній активності NOS та індекс оксигенації (умовні одиниці) за формулою: індекс оксигенації =  $[\text{NO}_2^{-2}] \times 1000 / [\text{NO}_3^{-3}] + [\text{сечовина}]$  [9].

У юнаків та дівчат, які взяли участь в дослідженні, крім зазначених біохімічних показників на основі субмаксимального тесту  $\text{PWC}_{170}$  визначали величину загальної фізичної працездатності (в  $\text{PWC}_{170}$ , кгм/хв/кг) і аеробної продуктивності (в МСК, мл/хв/кг) їх організму [10].

Всі отримані під час дослідження експериментальні матеріали були оброблені стандартними методами математичної статистики з використанням статистичного пакету Microsoft Excel.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

У зв'язку з зазначеною цілим рядом авторів важливою роллю оксиду азоту в забезпеченні оптимального рівня функціонування комплексу фізіологічних систем організму досить цікавими виглядали результати порівняльного аналізу показників, що характеризують стан системи синтезу оксиду азоту в обстежених юнаків та дівчат до початку фізичних тренувань.

Експериментальні дані, представлені в Таблиці 1, дозволили констатувати об'єктивну наявність статевих особливостей у функціональному стані системи синтезу оксиду азоту серед практично здорових юнаків і дівчат у віці від 18 до 20 років.

Було встановлено, що в групі юнаків реєструвалися вищі, ніж у дівчат, значення конститутивної кальційзалежної NO-синтази (cNOS) (відповідно  $33,48 \pm 1,86$  пмоль/хв мг білка та  $22,38 \pm 1,43$  пмоль/хв мг білка або на  $33,15 \pm 1,26$  %) і сумарної NOS (відповідно  $52,75 \pm 1,40$  пмоль/хв мг білка та  $42,09 \pm 1,33$  пмоль/хв мг білка або на  $20,20 \pm 1,38$  %), а також концентрації нітратів ( $\text{NO}_3$ ) ( $12,52 \pm 0,70$  нмоль/мг білка і  $9,97 \pm 0,70$  нмоль/мг білка або на  $20,32 \pm 1,42$  %).

Незважаючи на відсутність статистично значущих міжгрупових відмінностей для юнаків були характерні також більш високі значення змісту аргінази (на  $19,36 \pm 1,85$  %) і нітритів ( $\text{NO}_2$ ) (на  $17,04 \pm 1,66$  %) і, навпаки, менші величини вмісту сечовини (на  $14,69 \pm 1,46$  %). Істотних статевих відмінностей у вмісті індукцйбельної, кальційнезалежної NO-синтази (iNOS) і нітрат-редуктази виявити під час дослідження не вдалося.

Наведені дані дозволили зробити висновок, що для осіб з більш високим рівнем фізичної працездатності (юнаки 18-20 років) характерно виражене домінування окисного шляху утворення оксиду азоту з L-аргініну за участю кальційзалежної конститутивної NO-синтази при відносному рівні індукцйбельного і нітратредуктазного шляхів утворення оксиду азоту.

Також у групі юнаків можна було констатувати і більш інтенсивний, ніж у дівчат, безкисневий шлях деградації L-аргініну за участю аргінази. Проте, перевагу у використанні даного субстрату безумовно мала кальційзалежна конститутивна NO-синтаза (співвідношення величин відносної переваги юнаків над дівчатами у значеннях cNOS і аргінази виглядало відповідно як  $33,15 \pm 1,26$  % і  $19,36 \pm 1,85$  %).

Таблиця 1.

Величини вивчених біохімічних показників у обстежених дівчат та юнаків до початку фізичних тренувань ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ )

Показники	Дівчата (n=28)	Юнаки (n=29)	%
Сечовина, нмоль/мг білка	57,89±3,03	50,47±2,86	-14,69±1,46
Сечова кислота, нмоль/мг білка	2,37±0,17	3,38±0,24***	29,91±1,22
iNOS, пмоль /хв мг білка	19,71±1,23	19,27±1,06	-2,29±1,53
cNOS, пмоль /хв мг білка	22,38±1,43	33,48±1,86***	33,15±1,26
Аргіназа, нмоль/хв мг білка	0,86±0,14	1,07±0,09	19,36±1,85
Нітратредуктаза, нмоль/хв мг білка	3,49±0,12	3,60±0,09	3,12±1,74
NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білка	158,20±14,64	190,68±11,10	17,04±1,66
NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білка	9,97±0,70	12,52±0,70**	20,32±1,42
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , пмоль· мг білка	4,10±0,23	3,04±0,20***	-34,96±1,53
ΣNOS, пмоль /хв мг білка	42,09±1,33	52,75±1,40***	20,20±1,38

Примітка: \*\* – p <0,01; \*\*\* – p <0,001 – у порівнянні з величинами показників, зареєстрованих у групі дівчат, % - процент відносної різниці між показниками.

На користь більш оптимального функціонального стану системи синтезу оксиду азоту в осіб з більш високим рівнем фізичної працездатності свідчили також результати порівняльного аналізу розрахункових величин співвідношень між вивченими біохімічними показниками (табл. 2).

Як видно з наведених даних, для обстежених юнаків були характерні статистично достовірно більш низькі, ніж у групі дівчат, значення частки індукцйбельної NOS в загальному пулі NO-синтази (відповідно 37,31±2,30 % проти 47,03±2,79 % або на 26,05±1,57 %) і більш низькі значення у співвідношеннях нітратредуктаза-ΣNOS (відповідно 69,66±2,54 ум.од. і 85,30±4,14 ум.од. або на 22,46±1,91 %) і нітратредуктаза-cNOS (відповідно 116,43±6,65 ум.од. і 170,62±10,96 ум.од. або на 46,55±1,83 %). Істотних статевих відмінностей щодо інших розрахункових біохімічних показників зареєстровано не було.

Таблиця 2.

Величини розрахункових значень різних співвідношень між вивченими біохімічними показниками у обстежених дівчат та юнаків ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Показники	Дівчата (n=28)	Юнаки (n=29)	%
Частка iNOS, %	47,03±2,79	37,31±2,30**	-26,05±1,57
Індекс оксигенації, ум.од.	1,96±0,40	1,50±0,13	-30,16±3,32
Частка NO <sub>2</sub> , %	15,70±2,28	13,96±1,05	-12,48±2,39
Аргіназа/ΣNOS, ум.од.	19,23±2,72	20,21±1,67	4,85±1,91
Аргіназа/cNOS, ум.од.	36,03±4,88	33,59±3,32	-7,26±1,78
Аргіназа/iNOS, ум.од.	49,24±8,74	60,03±5,85	17,98±1,80
Нітратредуктаза/ΣNOS, ум.од.	85,30±4,14	69,66±2,54**	-22,46±1,91
Нітратредуктаза/cNOS, ум.од.	170,62±10,96	116,43±6,65**	-46,55±1,83
Нітратредуктаза/iNOS, ум.од.	207,21±21,29	205,27±14,00	-0,94±1,82

Примітка: \*\* –  $p < 0,01$  у порівнянні з величинами показників, зареєстрованих у групі дівчат, % - процент відносної різниці між показниками.

В цілому результати проведеного аналізу дозволили констатувати об'єктивне існування певних статевих відмінностей у стані системи синтезу оксиду азоту. Для практично здорових юнаків 18-20 років, які мали більш високий, ніж їх однолітки, рівень фізичної працездатності та аеробної продуктивності, була характерна більш висока ступінь вираженості окисного шляху утворення оксиду азоту з L-аргініну за участю кальційзалежної конститутивної NO-синтази і більш оптимальний стан серцево-судинної системи їхнього організму.

Повністю підтвердили перевагу юнаків у рівні функціонального стану системи синтезу оксиду азоту дані порівняльного аналізу величин коефіцієнтів кореляції рівня фізичної працездатності обстежених осіб за значеннями вивчених біохімічних показників (табл. 3).

Вдалося встановити, що для юнаків та дівчат 18-20 років у більшості випадків був характерним статистично достовірний кореляційний зв'язок рівня їх загальної фізичної працездатності з величинами вивчених біохімічних показників.

Таблиця 3.

Величини коефіцієнтів кореляції величин рівня фізичної працездатності (вРWC<sub>170</sub>, кгм/хв/кг) зі значеннями біохімічних показників у дівчат та юнаків 18-20 років ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Показники	Дівчата (n=28)	Юнаки (n=29)
Сечовина, нмоль/мг білка	-0,53±0,14*	-0,54±0,13*
iNOS, пмоль /хв мг білка	-0,37±0,17	-0,55±0,13*
cNOS, пмоль /хв мг білка	0,63±0,11*	0,68±0,11*
Аргіназа, нмоль/хв мг білка	-0,62±0,12*	-0,67±0,11*
Нітратредуктаза, нмоль/хв мг білка	0,33±0,17	0,53±0,14*
NO <sub>2</sub> , пмоль/мг білка	0,56±0,13*	0,53±0,14*
NO <sub>3</sub> , нмоль/мг білка	0,54±0,14*	0,58±0,13*
ΣNOS, пмоль /хв мг білка	0,31±0,18	0,68±0,1*
Частка iNOS, %	-0,63±0,11*	-0,69±0,10*
Індекс оксигенації, ум.од.	0,25±0,18	0,41±0,16*
Частка NO <sub>2</sub> , %	0,1±0,19	0,17±0,18

Однак, в юнаків, які мали більш високі, ніж дівчата, величини вРWC<sub>170</sub> реєструвалися і більш високі значення коефіцієнтів кореляції з активністю конститутивної NOS (відповідно 0,68±0,11 і 0,63±0,11), аргінази (-0,67±0,11 і -0,62±0,12), вмісту нітрат-аніонів у плазмі крові (0,58±0,13 і 0,54±0,14), частку індукцибельної NOS в загальному пулі ізоферментів (-0,69±0,10 і -0,63±0,11).

Крім цього, тільки для юнаків були характерні статистично достовірні величини коефіцієнтів кореляції вРWC<sub>170</sub> з активністю індукцибельної NOS (-0,55±0,13), нітратредуктази (0,53±0,14), сумарної NOS (0,68±0,10 ) та індексом оксигенації (0,41±0,16).

### ВИСНОВКИ

1. В цілому, наведені матеріали дозволили констатувати об'єктивне існування статевої відмінностей у стані системи синтезу оксиду азоту в практично

- здорових молодих людей віком 18-20 років. Для юнаків була характерна більш висока інтенсивність окисного шляху синтезу NO за участю конститутивної NO-синтази, а також домінування даного шляху синтезу оксиду азоту над відновлювальним ресинтезом NO і його синтезом за рахунок підвищення активності кальційнезалежної індукцибельної NO-синтази.
2. Важливо відзначити також, що більш високий рівень фізичної працездатності організму характеризувався зниженням активності безокисного шляху деградації L-аргініну за участю аргінази або зниженням ролі даного ферменту в боротьбі за даний субстрат з конститутивними формами NO-синтази.
  3. Отримані дані послужили також передумовою для проведення більш детального дослідження ступеня функціональної залежності між рівнем фізичної працездатності, з одного боку, і станом систем кровообігу і синтезу оксиду азоту, з іншого, в процесі фізичних тренувань.

### Список літератури

1. Богдановська Н.В. Особливості функціонального стану судинного ендотелію при систематичних фізичних навантаженнях / Н.В. Богдановська, М.В. Маликов // Фізіологічний журнал. – 2008. – Т.54. - №4. – С.44–46.
2. Синтез оксиду азоту у період довгострокової адаптації до інтенсивної м'язової роботи у спортсменок / Н.В. Богдановська, Г.М. Святодух, А.В. Коцюрuba [та ін.] // Фізіологічний журнал. – 2009. – Т.55, №3. – С. 94–99.
3. Богдановская Н.В. Оценка роли сосудистого эндотелия в обеспечении физической подготовленности девушек-волейболисток на этапе интенсивной соревновательной деятельности / Н.В. Богдановская, Н.В. Маликов, А.Н. Святодух // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2008. - №1. – С. 40–43.
4. Пригнічення відкриття мітохондріальної пори екдистероном у серці старих щурів / В.Ф. Сагач, Ю.П. Коркач, А.В. Коцюрuba [та ін.] // Фізіологічний журнал. – 2008. – Т.54, №4. – С. 3–11.
5. Exercise training enhances endothelial function in young men / P. Clarkson, H.E. Montgomery, M.J.Mullen [et al.] // J Am Coll Cardiol. – 1999. – Vol. 33. – P. 1379–1385.
6. Маликов М.В. Функціональна діагностика у фізичному вихованні і спорті / Маликов М.В., Богдановська Н.В., Сват'єв А.В. – Запоріжжя : ЗНУ, 2006. – 195 с
7. Nitric oxide modulates fracture healing / A.D. Diwan, M.X. Wang, D. Jang [et al.] // J. Bone Miner Res. – 2000. – 15, №2. – P. 342–351.
8. Defron D.T. Role of nitric oxide in wound healing / D.T. Defron, D. Most, A. Barbul // Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care. – 2000. – 3, №3. – P. 197–204.
9. Ziche M. Nitric oxide synthase lies downstream from vascular endothelial growth factor-induced but not basic fibroblast growth factor-induced angiogenesis / M. Ziche, L. Morbidelli // J. Clin. Invest. – 1997. – 99, № 11. – P. 2625–2634.
10. Kingwell B.A. Nitric oxide-mediated metabolic regulation during exercise: effects of training in health and cardiovascular disease / B.A. Kingwell // FASEB Journal. – 2000. – 14. - P. 1685–1690.

**Богдановская Н.В. Половые различия в состоянии системы синтеза оксида азота у здоровых молодых людей в возрасте 18-20 лет / Н.В. Богдановская // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 25-31.**

Проведено біохімічне дослідження плазми крові практично здорових юнаків і дівчаток 18-20 років до і після фізичних тренувань. Отримані матеріали дозволили констатувати об'єктивне існування статевих відмінностей в стані системи синтезу оксиду азоту. Для

юношей была характерна более высокая интенсивность окисного пути синтеза NO при участии конститутивной NO-синтазы, а также доминирование данного пути синтеза оксида азота над восстановительным ресинтезом NO и его синтезом за счет повышения активности кальцийнезависимых индуцибельных NO-синтаз.

**Ключевые слова:** оксид азота, система синтеза, физические тренировки, половые различия, юноши, девушки.

**Bogdanovskaya N.V. Sex differences in the nitric oxide synthesis system state of healthy young people aged 18-20 years / N.V. Bogdanovskaya // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 25-31.**

Biochemical research of blood plasma of youth and girls aged 18-20 years before and after prolonged physical trainings is conducted. The objective existence of sex differences of the nitric oxide synthesis system state these materials shows. Higher intensity of the oxide way of NO synthesis with the constitutive NO-synthase involvement, as well as the dominance of this way of synthesis of nitric oxide over the recovery resynthesis of NO and its synthesis by increasing the activity calcium independent inducible NO-synthase was characterized for youth.

**Keywords:** nitric oxide, synthesis system, physical training, sex differences, youth, girls.

*Поступила в редакцию 10.04.2010 г.*

**УДК 612.014.46:615.214:547.918:547.857.4**

**ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТРИТЕРПЕНОВЫХ  
ГЛИКОЗИДОВ С КОФЕИНОМ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ**

*Колотилова О.И.<sup>1</sup>, Яковишин Л.А.<sup>2</sup>, Коренюк И.И.<sup>1</sup>, Гришковец В.И.<sup>1</sup>, Катюшина О.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

<sup>2</sup>*Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина*

*E-mail: oхy1978@mail.ru*

С помощью внутриклеточного отведения исследовали влияние тритерпеновых гликозидов в комплексе с кофеином, которые вводили во внеклеточную среду, на электрическую активность неидентифицированных нейронов висцерального ганглия виноградной улитки. Продемонстрировано, что аппликация этих соединений непосредственно на клеточную мембрану нейронов приводит к активирующему нейротропному действию, выражающемуся в изменении всех электрофизиологических показателей.

**Ключевые слова:** моно- и бисдесмозидные тритерпеновые гликозиды, кофеин, молекулярный комплекс, нейроны, нейротропные эффекты

**ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день постоянно ведется активный поиск и совершенствование нейро- и психотропных препаратов, поэтому существует необходимость изучения характера и «глубины» эффектов воздействия как широко применяемых препаратов, так и новых соединений и их комплексов на состояние структурно-функциональных элементов нервной системы, в частности нейронов. При этом имеется возможность выявить химические вещества с более эффективными и менее токсичными свойствами, что обеспечивает объективную оценку физиологических механизмов, лежащих в основе развивающихся под действием этих препаратов адаптационных перестроек, как в отдельном нейроне, так и в ЦНС в целом.

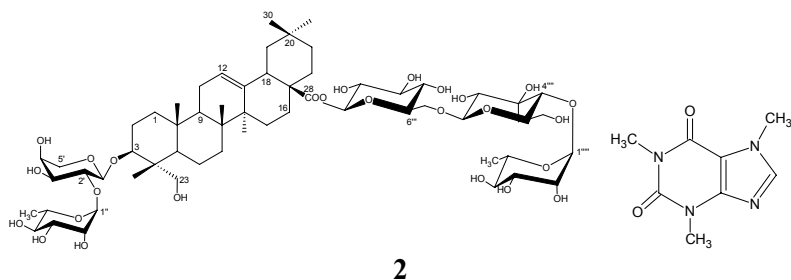
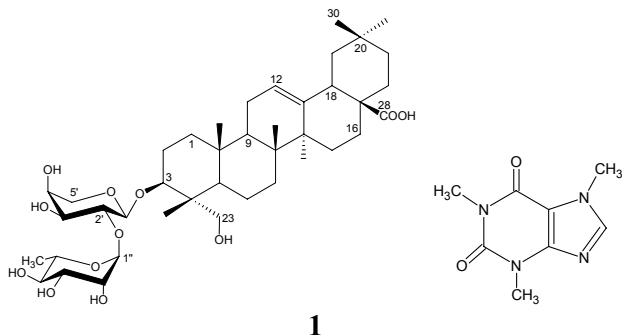
В предыдущих работах [1, 2] было изучено влияние моно- и бисдесмозидных тритерпеновых гликозидов (ТТГ) на функциональное состояние нейронов виноградной улитки. Следует указать, что в отношении ТТГ выделяют три основных направления их эффектов: цитотоксическое, лечебное и биорегуляторное [3]. Выяснено, что их действие проявляется на нескольких уровнях, изменяя как состояние функции молекулярных механизмов клеток, органов, так и всего организма [4].

Также хорошо известно и то, что в клинической практике давно применяется кофеин, который оказывает возбуждающее влияние на ЦНС, уменьшает чувство утомления, увеличивает психическую активность. Его возбуждающее действие связано со способностью блокировать рецепторы адреналино-тормозного медиатора



ЦНС. Кофеин снижает чувствительность нервных клеток к адреналину и таким образом, опосредованно, оказывает возбуждающее действие [5].

В настоящее время синтезированы два молекулярных комплекса ТТГ с кофеином. Первый (1) представляет собой клатрат 3-O- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-O- $\alpha$ -L-арабинопиранозид хедерагенина с кофеином, а второй (2) – клатрат 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 с кофеином:



Необходимо отметить, что гликозиды, входящие в состав комплексов **1** и **2**, являются действующими веществами противокашлевых препаратов «Геделикс» и «Проспан», содержащих экстракт листьев *Hedera helix* [6, 7]. В литературе отсутствуют сведения о их нейротропном влиянии. Логично предположить, что при сочетанном воздействии в определенных концентрациях ТТГ и кофеина удастся выявить положительные или отрицательные нейротропные эффекты при непосредственном приложении их на мембрану нейронов.

Поэтому в данной работе мы считаем целесообразным выяснить, влияют ли указанные синтезированные комплексы на нейроны, как наиболее чувствительные структурно-функциональные элементы организма. В связи с вышеуказанным, цель данной работы: определить наличие, направленность и механизм воздействия комплексных веществ **1** и **2** на нейроны виноградной улитки.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эффекты аппликации комплексного соединения 1 исследованы на 24-х, а соединения 2 – на 21-м неидентифицированных нейронах висцерального ганглия моллюска *Helix albescens* Rossm. Внутриклеточно отводимые биопотенциалы усиливали с помощью универсальной физиологической установки УФУ-БКН (полоса пропускания 0-10 кГц) и через лабораторный интерфейс подавали на компьютер IBM PC. Регистрация параметров биоэлектрической активности нейронов и их обработка обеспечивалась компьютерной программой «Action Potential» [8], позволяющей производить непрерывную запись показателей уровня мембранного потенциала (МП) и потенциалов действия (ПД) в течение заданного времени.

Эксперименты выполнялись по следующей схеме: отводилась фоновая активность, затем раствор Рингера во внеклеточной среде заменяли тестируемым веществом в концентрации  $10^{-3}$  М. Количество однократно выводимого из пипетки раствора вещества составляло 1 мл. Поскольку, объем ванночки, в которой находился препарат составлял 0,5 мл, а проток раствора Рингера при этом перекрывался, то это обеспечивало практически полную замену физиологического раствора на тестируемое вещество. Экспозиция исследуемого соединения продолжалась пять минут, а затем следовало отмывание (20 – 30 мин). Наличие эффектов препарата и их направленность определялось по сопоставлению временных и амплитудных параметров электрических потенциалов в фоне с таковыми, при действии вещества.

Полученные данные обрабатывали с использованием непараметрического критерия Вилкоксона. Данные представлены как средние значения  $\pm$  ошибка среднего (%). Значимыми считались показатели при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

### **Эффекты комплекса 3-О- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-О- $\alpha$ -L-арабинопиранозид хедерагенина с кофеином**

Прямое приложение на мембрану нейронов висцерального ганглия (рис.1.) комплекса 1 приводило к незначительному смещению мембранного потенциала (МП) в сторону деполяризации, сопровождающееся статистически достоверным ( $p \leq 0,05$ ) увеличением ( $116,0 \pm 19,7$  %) частоты генерации импульсов (ЧГИ), урежением межимпульсных интервалов ( $52,0 \pm 26,0$  %) за счет достаточно значительного ( $139,7 \pm 29,8$  %) увеличения кинетики суммарных входящих токов, на фоне небольшого снижения выходящих токов ( $85,4 \pm 19,3$  %). Также на 11 % уменьшалась длительность ПД. Такая активность у нейрона сохранялась в течении 5 – 15 минут. Отмывание нейронов практически полностью восстанавливало фоновый уровень МП, ЧГИ.

### **Эффекты комплекса 3-О- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-О- $\alpha$ -L-арабинопиранозил-28-О- $\alpha$ -L-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-О- $\beta$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-О- $\beta$ -D-глюкопиранозид хедерагенина с кофеином**

Типичные эффекты соединения 2 на импульсную активность у разных нейронов висцерального ганглия виноградной улитки были не одинаковыми, хотя

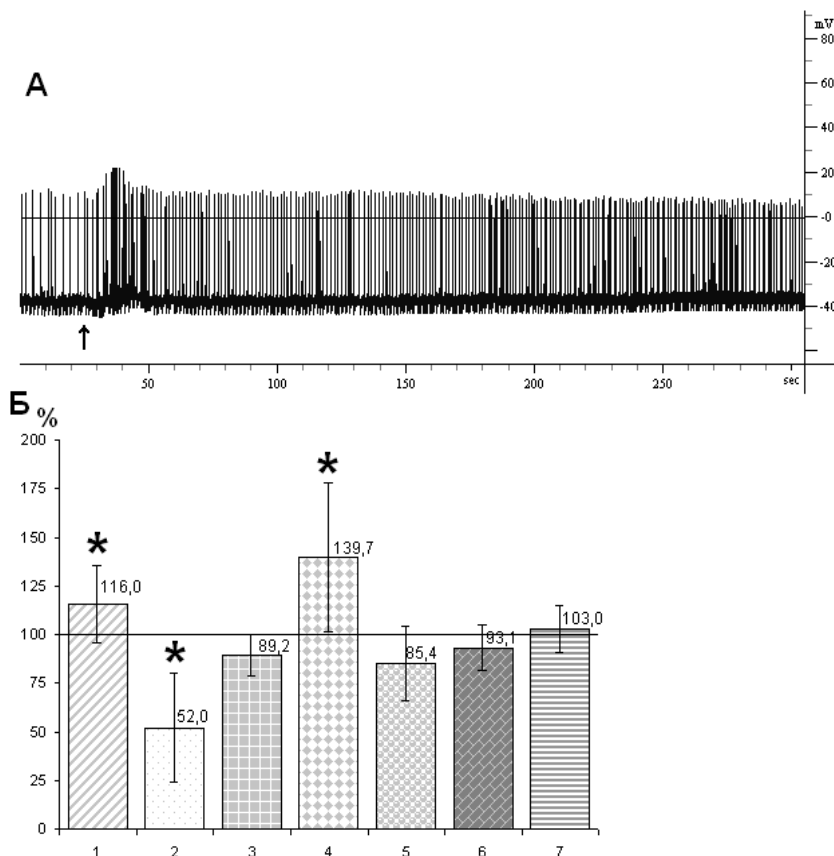


Рис. 1. Эффекты комплекса 1 на функциональное состояние нейронов. На А – стрелкой показан момент аппликации; На Б – эффект усредненных данных (%), n = 24; за 100 % принят фоновый уровень соответствующих показателей активности нейронов. Звездочками обозначены случаи достоверных отличий от фоновых показателей. 1 – частота генерации импульсов; 2 – межимпульсные интервалы; 3 – длительность потенциала действия; 4 – суммарные входящие токи; 5 – суммарные выходящие токи; 6 – амплитуда потенциалов действия; 7 – мембранный потенциал.

однонаправлено возбуждающими (рис. 2). У одних нейронов это выражалось в увеличении количества импульсов в пачечной активности нейрона (рис.2, А), у других – молчащих появлялась импульсная активность (рис.2, Б), а у третьих повышалась (рис. 2, В). На Рис. 2, Г видно, что повышение возбудимости нервных клеток, связанное с развитием деполяризации мембраны на 6,7 %, приводит к выраженному ( $p < 0,005$ ) усилению ЧГИ (в среднем до  $116,0 \pm 13,7$  %). При этом, естественно уменьшались межимпульсные интервалы (до  $88,9 \pm 25,4$  %).

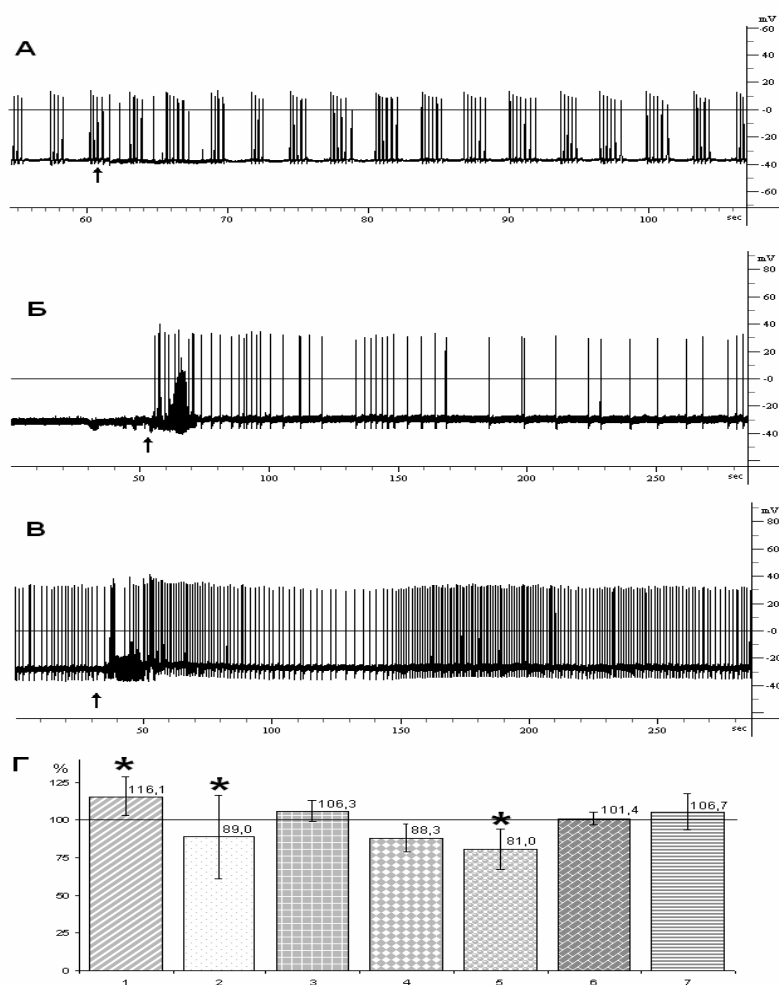


Рис 2. Эффекты комплекса 2 на: А – пачечную активность; Б – молчащий нейрон; В – мономодальную активность; Г - усредненные данные (%), n = 21. Остальные обозначения, такие же, как и на Рис. 1.

Анализ суммарных входящих и выходящих токов под воздействием исследуемого вещества показал отрицательную их направленность, с большей выраженностью вторых ( $80,9 \pm 13,2$  %). При этом время развития ПД оставалось практически неизменным.

Исследование воздействия комплексов ТТГ с кофеином в концентрации 10-3 М, показало, что как моно- так и бисдесмозидный тритерпеновые гликозиды оказывали активирующее действие на электрофизиологические показатели нейронов. При этом у них была выявлена разнонаправленная кинетика входящих и выходящих токов. Так, при действии комплексного соединения 1 (включает монодесмозидный ТТГ)

увеличивались входящие ( $p \leq 0,05$ ) токи и снижались выходящие. А при действии комплекса 2 (содержит бисдесмозидный ТТГ) снижались как входящие, так и выходящие ( $p \leq 0,05$ ) трансмембранные ионные токи. Из литературных источников известно, что у нейронов моллюска входящий ток обеспечивается ионами натрия и, в заметной степени, кальция, а выходящий – ионами калия [9].

Исходя из полученных результатов, можно заключить, что нейротропные эффекты тестируемых соединений у большинства исследуемых нейронов при воздействии 1 обусловлены в основном облегчением натриевого ионного тока и ингибированием выходящего калиевого, а при аппликации 2 – ингибированием, как натриевого, так и калиевого ионных токов. Нельзя исключить также возможности того, что исследуемые соединения влияют и на токи ионов хлора [10], которые, как известно, в зависимости от его внутриклеточной концентрации могут вносить определенный вклад в выходящие трансмембранные ионные токи.

Поскольку, одной из мишенью кофеина в основном являются аденозиновые рецепторы плазматической мембраны, кофеин действует как конкурентоспособный антагонист аденозиновых рецепторов, вызывая интенсификацию нейрональной активности [11]. Второй мишенью кофеина являются рианодиновые рецепторы саркоплазматического ретикула и митохондрий клетки [11, 12]. Взаимодействуя с ними, кофеин способствует выбросу кальция из депо. Этот процесс обуславливает кратковременное, фазическое значительное увеличение ионизированного кальция, за которым следует снижение его концентрации ниже исходного уровня. Такое снижение может быть вызвано усиленной кальций-стимулированной секрецией кальция и перезаполнением кальциевых депо. Эти процессы вероятно и приводят к изменениям функционального состояния нервных клеток. Поэтому при действии комплексного соединения 2 усиление импульсной активности нейронов, возможно в значительной степени связано с блокированием кальцийзависимой калиевой проводимости.

Ранее нами выяснено, что монодесмозидные ТТГ в концентрациях  $10^{-3}$  –  $10^{-4}$  М оказывают гиперполяризующее действие на электрическую активность как идентифицированных, так и неидентифицированных нейронов, а бисдесмозидные ТТГ в концентрации  $10^{-3}$  –  $10^{-2}$  М не влияют на фоновую активность нейронов [1, 2]. Из литературных источников известно, что кофеин оказывает активирующее воздействие на свои мишени и вызывает усиление нейрональной активности. Так аппликация физиологических концентраций кофеина на изолированные нейроны пресноводного моллюска *Lymnaea stagnalis* вызывала обратимые де- и гиперполяризационные изменения МП [13]. Данное исследование показывает, что присоединение кофеина к моно- и бисдесмозидным гликозидам приводит к проявлению в большинстве своем деполяризующих эффектов и активирует бисдесмозидные ТТГ. Вероятно, это обусловлено особенностями строения молекулярного комплекса.

### ВЫВОД

В основе активирующего нейротропного эффекта тестируемых веществ лежит селективное возбуждение/угнетение трансмембранных ионных токов. Выявление данных свойств у исследуемых комплексов указывает на

перспективность дальнейшего исследования подобных соединений в целях создания новых нейротропных лекарственных средств.

#### Список литературы

1. Влияние тритерпеновых гликозидов на изменение электрической активности идентифицированных нейронов моллюска / О.В. Костюченко, В.И. Гришковец, Е.А. Соболев [и др.] // Химия природ. соедин. – 2001. – № 1. – С. 39–42.
2. Костюченко О.В. Особливості дії рослинних глікозидів на нейрони слимака / О.В. Костюченко, В.І. Гришковець, І.І. Коренюк. // Фізіологічний журнал. – 2001. – Т. 47, №4. – С. 42–48.
3. Анисимов М.М. О биологической роли тритерпеновых гликозидов / М.М. Анисимов, В.Я. Чирва // Успехи современной биологии. – 1980. – Т.6, № 3. – С. 351–364.
4. Толкачева Н.В. Тритерпеновые гликозиды листьев плюща крымского *Hedera taurica* Carr. / Толкачева Н.В. – Ин-т физико-химический им. А.В. Богатского АН. Украины, 1992. – 22 с.
5. Kong L.Y. Inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide and cytokine production by ultralow concentrations of dynorphins in mixed glia cultures / L.Y. Kong, M.K. McMillian, P.M. Hudson [et al.] // Pharmacol. Exp. Ther. – 1997. – Vol. 280. – P. 61–66.
6. Яковишин Л.А. Комплекс тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата Hedelix® / Л.А. Яковишин, В.И. Гришковец // Химия природ. соедин. – 2003. – № 5. – С. 417–418.
7. Исследование тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата проспан / Л.А. Яковишин, М.А. Вожжова, А.Л. Кузнецова [и др.] // Журнал орг. и фарм. химии. – 2005. – Т. 3, вып. 1 (9). – С. 57-59.
8. А.с. № 1164229 Україні. Комп'ютерна програма для реєстрації, обробки і автоматизованого аналізу біоелектричних сигналів / А.А. Замотайлов, І.І. Коренюк (Україні). – № 1164229; опубл. 29.11.2004 р
9. Магура И.С. Проблемы электрической возбудимости нейрональной мембраны / Магура И.С. – Киев: Наук. Думка, 1981. – 208 с.
10. Герасимов В.Д. Ионные механизмы деполяризационных ответов, вызываемых аппликацией глутамата, в нервных клетках виноградной улитки / В.Д. Герасимов // Нейрофизиология. – 1982. – Т. 14. – № 6. – С. 572–577.
11. Collins R.O. The effect of calcium pumpinhibitors on the response of intracellular calcium to caffeine in snail neurones/ R.O. Collins, R.C. Thomas // Cell Calcium. – 2001. – № 1. – P. 41–48.
12. Orkand R.K. Effect of low doses of caffeine on  $[Ca^{2+}]_i$  in voltage-clamped snail *Helix aspersa* neurons / R.K. Orkand, R.C. Thomas // Physiol. – 1995. – Vol. 489. – P. 19–28.
13. Пластичность нейрональных ответов индуцированная низкими концентрациями экзогенных лигандов / О.И. Эпштейн, Т.А. Запара, О.Г. Симонова [и др.] // Бюллетень СО РАМН. – 2005. – № 3 (117). – С. 115–120.

**Колотілова О.І. Вплив молекулярних комплексів тритерпенових глікозидів з кофеїном на параметри електричної активності нейронів виноградного равлика / О.І. Колотілова, Л.О. Яковишин, І.І. Коренюк [та ін.] // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – №1. – С. 32-39.**

За допомогою внутрішньоклітинного відведення досліджували вплив тритерпенових глікозидів в комплексі з кофеїном, які вводили в позаклітинне середовище, на електричну активність неідентифікованих нейронів вісцерального ганглія виноградного равлика. Продемонстровано, що аплікація цих сполук безпосередньо на клітинну мембрану нейронів призводить до активуючої нейротропної дії, що виражається в зміні всіх електрофізіологічних показників.

**Ключові слова** моно- та бісесмосидні тритерпенові глікозиди, кофеїн, молекулярний комплекс, нейрони, нейротропні ефекти.

**Kolotilova O.I. Influence of molecular complex triterpene glycosides with caffeine on parameters of the electrical activity of neurons *Helix albescens* / O.I. Kolotilova, L.A. Yakovishin, I.I. Koreniuk [et al.]**  
// Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 32-39.

Using of the intracellular registration investigation of influence triterpene glycosides together with caffeine, which injected in extrocellular medium, on the electrical activity non identification neurons visceral ganglion *Helix albescens*. It was demonstrated that application of compounds directly of membran cells of neuron it leads in marked activity of neurotropic action, it marked in changing all of the eletrofisiological index.

**Keywords:** mono- and bidesmosidic triterpene glycosides, caffeine, molecular complex, neurons, neurotropic effect.

*Поступила в редакцию 15.04.2010 г.*

**УДК 159.938:612.821**

## **ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ И ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОСЛУШИВАНИЯ МУЗЫКИ**

*Конарева И.Н.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: : viola@crimea.edu*

Показано дифференцированное влияние прослушивания музыки в ладах минор и мажор одной тональности на мощность частотных компонентов ЭЭГ и эмоциональный фон человека. В обоих случаях обнаружено однонаправленное снижение мощности практически всех ритмов ЭЭГ с наибольшими изменениями в альфа-, бета- и гамма-диапазонах. Пьеса в миноре оказывала большее воздействие на мощность колебаний ЭЭГ в левом полушарии, а в мажоре – в правом. Прослушивание пьесы в миноре достоверно уменьшало показатель ситуативной тревожности и выраженность эмоции «стыд», а в мажоре – увеличивало выраженность эмоций «радость» и «удивление».

**Ключевые слова:** музыка, фа минор, фа мажор, ритмы ЭЭГ, фундаментальные эмоции, тревожность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время к проблеме восприятия музыки человеком обращаются многие медики и психологи. Этот интерес в значительной мере обусловлен запросами музыкальной психотерапии, в частности необходимости поиска новых методов реабилитации и профилактики расстройств аффективной сферы. Для специалистов важно знать, какое воздействие может оказывать на организм человека и его психику восприятие того или иного конкретного музыкального произведения.

Показано, что прослушивание музыки влияет на деятельность ЦНС, параметры дыхания, кровообращения, газообмена, на эмоциональную и когнитивную сферы человека [1-3]. Выявлено, что отдельные элементы музыки вызывают детерминированные (коррелирующие с характером раздражителя) изменения психических состояний. При восприятии музыки различных направлений и стилей могут заметно меняться частотные характеристики ЭЭГ. Показано, что при получении удовольствия от прослушанной музыки альфа-ритм ЭЭГ взрослого человека усиливается. Детализируется представление о воздействии различных музыкальных ритмов, темпа, жанра [4, 5].

Петрушин В.И. [5] считает, что основное влияние на модуляцию эмоций при слушании музыки оказывают ее лад и темп, а мелодия, ритм, динамика, гармония, тембр являются дополнительными факторами воздействия. Несмотря на солидное количество работ в данной области, вопросы о влиянии конкретного музыкального произведения на ЭЭГ и эмоциональную сферу требуют уточнений. Музыка представляет собой очень многоплановый феномен. Поэтому весьма трудно



выделить в ней одну конкретную существенную переменную, влияющую на психофизиологическое состояние человека. Целью нашего исследования явилось сравнение воздействия музыкальных произведений одной тональности, написанных для одного инструмента в ладах минор и мажор.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 100 испытуемых в возрасте 19-25 лет, обоего пола. В качестве стимульного материала использовали известные музыкальные произведения Баха И.С. «Фа мажор» и «Фа минор» (клавесин). Эксперимент проводился по следующей схеме:

- 1) Психологическое тестирование эмоциональной сферы в двух группах по 50 человек с использованием методик «САН» Доскина А., «Шкала ситуативной тревожности» Спилбергера Ч.Д. и «Шкала дифференциальных эмоций» Изарда К.. Тестирование проводилось до и после прослушивания двух упомянутых пьес.
- 2) Регистрация текущей ЭЭГ до, во время и после прослушивания тех же произведений в двух подгруппах, включающих в себя по 15 человек.

Регистрацию и анализ ЭЭГ осуществляли по общепринятой методике (отведение в точках С3 и С4 по международной системе «10-20») с использованием программы «Polygraph» (программист Сухинин А.В., техническое задание Павленко В.Б.). Верхняя граница частотного диапазона усилительного тракта соответствовала 50 Гц, постоянная времени, определяющая нижнюю границу, равнялась 0,3 с. Сигналы ЭЭГ обрабатывали с применением быстрого преобразования Фурье, получая для последующего анализа спектры мощности ЭЭГ.

В ходе анализа ЭЭГ учитывали средние величины спектральной мощности (СМ, мкВ<sup>2</sup>/Гц) следующих частотных диапазонов: 1–4 (δ-ритм), 4–8 (θ-ритм), 8–14 (α-ритм), 14–30 (β-ритм) и 30–50 Гц (γ-ритм) для отведений от левого (*s*) и правого (*d*) полушарий. Подробно анализировали только образцы ЭЭГ, зарегистрированные в условиях с закрытыми глазами. Числовые данные обрабатывали с помощью пакета программ STATISTICA. Достоверность межгрупповых различий исследуемых показателей определяли по Т-критерию Вилкоксона. Значимыми при статистических сравнениях считали коэффициенты корреляций при  $p < 0,05$ ; случаи достоверных изменений отмечены звездочкой.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

#### 1. Влияние прослушивания музыки на мощность частотных компонентов ЭЭГ

Прослушивание музыкального произведения Баха И.-С. «Фа минор» обуславливало понижение СМ всех частотных компонентов ЭЭГ (табл. 1), причем это проявлялось уже непосредственно в период восприятия музыки. Достоверно снижались в период последствия музыки СМ дельта-ритма в обоих полушариях ( $Z=2,48$  при  $p=0,013$  в *s* и  $Z=2,39$  при  $p=0,017$  в *d*), бета-ритма ( $Z=2,07$  при  $p=0,039$  в *s* и  $Z=2,50$  при  $p=0,012$  в *d*) и гамма-ритма ( $Z=1,99$  при  $p=0,047$  и  $Z=2,20$  при  $p=0,028$ , соответственно). СМ бета-ритма, достоверно снизившиеся в период слушания почти на 20 % в *s* и *d* ( $Z=2,94$  при  $p=0,003$ ), несколько повышалась на

этапе последействия музыки; это, однако, не изменяло общей картины снижения данного параметра по сравнению с фоном.

Наибольшие относительные изменения (снижение СМ) наблюдались у колебаний альфа- (в среднем на 22,5 %), бета- (на 18 %) и гамма- (на 24 %) диапазонов. В левом полушарии сдвиги СМ дельта-, тета- и гамма-ритмов были большими, чем в правом.

**Таблица 1.**  
**Изменения спектральной мощности ритмов ЭЭГ (мкВ<sup>2</sup>/Гц) при прослушивании музыкального произведения Баха И.С. «Фа минор» ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )**

Ритмы ЭЭГ	До музыки	Во время музыки	После музыки	Относит. изм. (%)
$\delta s$	5,00 ± 0,88	4,40 ± 0,97	4,30* ± 0,91	↓ 14,0
$\delta d$	5,45 ± 0,90	4,87 ± 0,95	4,78* ± 1,05	↓ 12,3
$\theta s$	6,57 ± 1,40	5,95 ± 1,17	5,93 ± 1,02	↓ 9,7
$\theta d$	7,34 ± 1,54	6,81 ± 1,34	6,78 ± 1,20	↓ 7,6
$\alpha s$	13,28 ± 2,41	10,14 ± 1,94	10,38 ± 1,68	↓ 21,8
$\alpha d$	14,23 ± 2,47	11,40 ± 2,18	10,95 ± 1,94	↓ 23,0
$\beta s$	1,47 ± 0,27	1,18* ± 0,23	1,21* ± 0,23	↓ 17,7
$\beta d$	1,47 ± 0,26	1,18* ± 0,22	1,20* ± 0,23	↓ 18,4
$\gamma s$	0,23 ± 0,03	0,17* ± 0,02	0,17* ± 0,02	↓ 26,1
$\gamma d$	0,23 ± 0,04	0,17* ± 0,02	0,18* ± 0,03	↓ 21,7

*Примечания:* *s* и *d* – отведения от локусов С3 и С4 левого и правого полушарий. СМ компонентов ЭЭГ до прослушивания во всех случаях приняты за 100 %. Стрелками вниз показано уменьшение СМ соответствующих частотных компонентов ЭЭГ.

Прослушивание музыкального произведения Баха И.С. «Фа мажор» также обуславливало некоторое понижение СМ почти всех частотных компонентов ЭЭГ (табл. 2). СМ дельта- и тета ритмов в правом полушарии при этом снижались весьма незначительно, а в левом практически не изменялись. СМ альфа-ритма значительно снижалась уже в период восприятия музыки – в *s* на 24,5 % ( $Z=2,13$  при  $p=0,033$ ), а в *d* – на 29,4 % ( $Z=2,15$  при  $p=0,031$ ).

В период последействия музыки мощность альфа-колебаний несколько увеличивалась, но в целом это не повлияло на общее снижение данного показателя (в итоге СМ альфа-компонента упала в *s* на 10 %, а в *d* – на 12,4 %).

Достоверно снизилась в период последействия музыки СМ бета-ритма в обоих полушариях на 16,5 % (в *s*  $Z=2,91$  при  $p=0,003$ , а в *d*  $Z=2,39$  при  $p=0,016$ ). Уменьшение СМ гамма-ритма в *s* составило 30 % ( $Z=2,11$  при  $p=0,035$ ), а в *d* – 33 % ( $Z=2,13$  при  $p=0,033$ ).

Таким образом, наибольшие относительные снижения СМ наблюдались у бета- и гамма-компонентов ЭЭГ. В правом полушарии сдвиги СМ большинства ритмов (кроме бета) оказались несколько больше, чем в левом.

Таблица 2.

Изменения спектральной мощности ритмов ЭЭГ (мкВ<sup>2</sup>/Гц) при прослушивании музыкального произведения Баха И.С. «Фа мажор» ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Ритмы ЭЭГ	До музыки	Во время музыки	После музыки	Относит. изм. (%)
$\delta s$	5,04 ± 0,61	5,06 ± 0,64	4,98 ± 0,63	↓ 1,2
$\delta d$	5,66 ± 0,66	5,49 ± 0,62	5,33 ± 0,67	↓ 5,8
$\theta s$	5,23 ± 0,85	5,31 ± 0,84	5,20 ± 1,92	↓ 0,6
$\theta d$	6,08 ± 1,00	5,83 ± 1,00	5,71 ± 1,03	↓ 6,1
$\alpha s$	11,04 ± 2,85	8,33* ± 1,87	9,94 ± 1,61	↓ 10,0
$\alpha d$	12,87 ± 3,60	9,09* ± 2,04	11,27 ± 3,25	↓ 12,4
$\beta s$	1,09 ± 0,11	1,00 ± 0,12	0,91* ± 0,09	↓ 16,5
$\beta d$	1,15 ± 0,13	1,03 ± 0,13	0,96* ± 0,09	↓ 16,5
$\gamma s$	0,23 ± 0,05	0,23 ± 0,05	0,16* ± 0,02	↓ 30,4
$\gamma d$	0,24 ± 0,05	0,22 ± 0,05	0,16* ± 0,02	↓ 33,3

Примечание: обозначения те же, что и в Табл. 1.

Таким образом, динамика перестроек ритмов ЭЭГ под влиянием прослушивания музыки проявлялась в уменьшении СМ почти всех ритмов. Соответственно, не очень значительно, но ощутимо снижалась интегральная мощность ЭЭГ-колебаний в целом. По-видимому, оба музыкальных отрывка оказывали на испытуемых седативное воздействие, что проявлялось в уменьшении СМ как низко-, так и высокочастотных ритмов ЭЭГ.

Дальбокова [6] отметила снижение индекса тета-ритма и учащение пульса при возникновении положительных эмоций, связанных с восприятием музыки. Мы, однако, не обнаружили повышения СМ альфа-ритма, характерного для уменьшения общего уровня активации ЦНС [7].

Снижение СМ альфа-ритма может быть связано с длительным влиянием на мозг слухового сенсорного притока, вызванного действием сложно организованных звуков музыки. Предполагалось [3], что влияние прослушивания музыки можно уподобить эффектам предъявления положительного условного стимула, который приводит в действие некие механизмы, синхронизирующие ритмическую активность различных участков головного мозга.

Следует отметить тот факт, что в нашем исследовании музыкальная пьеса в минорном ладе оказывала более сильное влияние на дельта-, тета- и альфа-колебания ЭЭГ, а мажор – на гамма-активность. СМ бета-ритма изменялась под действием минора и мажора примерно одинаково.

Общепризнано, что кортикальная обработка музыкальных звуков происходит преимущественно в правой височной области неокортекса [8]. Наши тесты показали, что пьеса «Фа минор» оказывала большее воздействие на СМ ритмов ЭЭГ в левом полушарии, а «Фа мажор» – в правом.

## 2. Влияние музыки на эмоциональную сферу

Воздействие пьесы Баха И.С. «Фа минор» на эмоциональное состояние испытуемых отображено в Табл. 3. Показатель «самочувствие» после прослушивания данного произведения незначительно повысился, а показатели «активность» и «настроение» понизились. Уровень ситуативной тревожности достоверно снизился в среднем на 9 % ( $Z=2,49$  при  $p=0,013$ ). Повысились показатели, отображающие эмоции «интерес», «радость», «удивление», «горе», «отвращение», «вина», и понизились показатели, характеризующие эмоции «гнев», «презрение», «страх», «стыд». Самым большим изменениям подвергся показатель эмоции «стыд» (он снизился в среднем на 10,7 %;  $Z=2,27$  при  $p=0,023$ ). Как полагают, эмоция стыда возникает при переживании поражения, унижения, отчужденности [9]; таким образом, прослушивание упомянутого произведения несколько подавляло эту эмоцию. Интегральный показатель «коэффициент самочувствия» несколько улучшился.

Пьеса того же автора «Фа мажор» воздействовала следующим образом. Статистически достоверно повысились показатели «самочувствие» ( $Z=2,27$  при  $p=0,023$ ), «активность» ( $Z=2,53$  при  $p=0,011$ ), «настроение» ( $Z=3,14$  при  $p=0,002$ ); изменения в среднем составили 5-6 %. Достоверно снизился уровень ситуативной тревожности на 8,2 % ( $Z=2,13$  при  $p=0,033$ ). Диагностика фундаментальных эмоций указала на усиление выраженности эмоций «интерес», «радость» ( $Z=3,05$  при  $p=0,002$ ), «удивление» ( $Z=1,99$  при  $p=0,046$ ), «отвращение», «презрение» и некоторое понижение показателей эмоций «горе», «гнев», «страх», «стыд», «вина». В данном случае более всего изменился показатель эмоции «радость» (в среднем возрос на 16 %). Эта эмоция возникает чаще всего при достижении человеком социально значимых результатов; она может быть связана с ощущением личностного роста [9]. Коэффициент самочувствия увеличился под влиянием минорной пьесы в среднем на 6 %.

Итак, односторонние изменения при воздействии данных музыкальных отрывков на эмоциональный фон наблюдались у таких показателей, как «самочувствие», «ситуативная тревожность», «интерес», «радость», «удивление», «гнев», «отвращение», «страх», «стыд». Пьесы в миноре и мажоре вызвали противоположные изменения показателей «активность», «настроение», «горе», «презрение», «вина». Минор в большей степени, чем мажор, обуславливал снижение уровня ситуативной тревожности. Учитывая общую динамику эмоций, можно рекомендовать прослушивание пьес «Фа минор» для некоторого сглаживания таких эмоций, как «гнев» и «презрение»; оба музыкальных лада несколько подавляют эмоцию «стыд».

Известно, что музыка действует исключительно избирательно, эффекты зависят не только от ее характера, но и от инструмента, на котором исполняется. Считается, что при нормальном восприятии мажорные произведения всегда должны вызывать светлое и радостное настроение; в то же время минор, как правило, связан с чувствами грусти и печали. Правда, минорная музыка, в том случае, если она коррелирует с суровостью, энергией, драматическими переживаниями, может способствовать активации нейропсихологических процессов и обуславливать индукцию активного состояния ЦНС. Мажорная же музыка в определенных ситуациях может быть связана на уровне условнорефлекторных реакций с отрицательными эмоциями [1].

Таблица 3.

Изменения показателей эмоциональной сферы под влиянием прослушивания музыки ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Показатели	Лад	До музыки	После музыки	Относит. изм. (%)
Самочувствие	минор	48,98 ± 1,55	49,71 ± 1,54	↑ 1,5
	мажор	48,67 ± 1,85	50,92* ± 1,69	↑ 4,6
Активность	минор	45,43 ± 1,48	43,96 ± 1,49	↓ 3,2
	мажор	43,42 ± 1,69	46,35* ± 1,81	↑ 6,7
Настроение	минор	55,18 ± 1,27	54,08 ± 1,53	↓ 2,0
	мажор	52,54 ± 1,45	55,65* ± 1,51	↑ 5,9
Ситуативная тревожность	минор	23,33 ± 1,10	21,13* ± 1,12	↓ 9,4
	мажор	24,31 ± 1,42	22,31* ± 1,47	↓ 8,2
Коэффициент самочувствия	минор	1,46 ± 0,02	1,51 ± 0,03	↑ 3,4
	мажор	1,42 ± 0,03	1,51 ± 0,04	↑ 6,3
Интерес	минор	6,63 ± 0,32	6,96 ± 0,35	↑ 5,0
	мажор	6,80 ± 0,30	6,92 ± 0,37	↑ 1,8
Радость	минор	6,52 ± 0,33	6,96 ± 0,37	↑ 6,7
	мажор	5,90 ± 0,32	6,88* ± 0,39	↑ 16,6
Удивление	минор	3,62 ± 0,17	3,75 ± 0,21	↑ 3,6
	мажор	3,29 ± 0,11	3,61* ± 0,18	↑ 9,7
Горе	минор	3,58 ± 0,17	3,79 ± 0,17	↑ 5,9
	мажор	3,53 ± 0,13	3,45 ± 0,12	↓ 2,3
Гнев	минор	3,29 ± 0,11	3,10 ± 0,06	↓ 5,8
	мажор	3,08 ± 0,04	3,04 ± 0,03	↓ 1,3
Отвращение	минор	3,13 ± 0,08	3,23 ± 0,09	↑ 3,2
	мажор	3,16 ± 0,09	3,18 ± 0,14	↑ 0,6
Презрение	минор	3,33 ± 0,12	3,17 ± 0,08	↓ 4,8
	мажор	3,04 ± 0,03	3,06 ± 0,04	↑ 0,7
Страх	минор	3,08 ± 0,07	3,00 ± 0,00	↓ 2,6
	мажор	3,12 ± 0,07	3,10 ± 0,06	↓ 0,6
Стыд	минор	3,83 ± 0,21	3,42* ± 0,11	↓ 10,7
	мажор	3,37 ± 0,12	3,24 ± 0,08	↓ 3,9
Вина	минор	3,33 ± 0,15	3,42 ± 0,19	↑ 2,7
	мажор	3,33 ± 0,11	3,31 ± 0,13	↓ 0,6

Примечания: оценки до прослушивания музыкальной пьесы во всех случаях приняты за 100%. Стрелками вверх и вниз указаны случаи повышения и понижения соответствующих показателей.

Костюнина М.Б. и Русалова М.Н. [10] показали, что амплитудные характеристики частотных компонентов ЭЭГ при переживании разных эмоций заметно отличаются. Чем менее стенична эмоция, тем выше нормированная

мощность медленных волн в составе ЭЭГ и наоборот. Для стеничных же эмоций характерен рост содержания высокочастотных колебаний в ЭЭГ.

Наращение мощности дельта- и тета-активности в ЭЭГ при негативных эмоциях начинается с левого полушария (при гневe – в височных отделах), затем оно распространяется на другие области левого полушария (при страхе) и на фоне эмоции горя охватывает всю кору головного мозга.

Таким образом, наиболее уязвимыми при развитии отрицательных эмоций оказываются нейронные системы левого полушария: именно с него начинается супрессия функционального состояния коры головного мозга, усиление тормозных реакций и общее подавление электрической активности высших отделов ЦНС [10].

Гольдштейн [цит. по: 1] выдвинул концепцию, согласно которой «музыкальное удовольствие» является результатом усиления высвобождения эндорфинов в соответствующих структурах ЦНС. Выявлено влияние музыки на нейроэндокринные функции, в частности на уровни ряда гормонов в крови, что играет чрезвычайно важную роль во всех эмоциональных реакциях.

Очевидно, что характер возникающих психофизиологических реакций, возникающих в ответ на музыкальное воздействие, существенно зависит от внутреннего мира и прошлого опыта слушателя.

Считается, что музыка имеет собственное смысловое содержание (хотя объективная оценка данного аспекта крайне затруднительна). При восприятии музыки слушатель декодирует индивидуальным образом чувства и мысли, заложенные в музыку композитором.

Конкретизация музыкального образа в силу его многозначности может оказаться существенно различной у разных слушателей; соответственно, проявления изменений в эмоциональной сфере неизбежно отличаются высокой индириндивидуальной вариабельностью.

## ВЫВОДЫ

1. Прослушивание музыкальных произведений Баха И.С. для клавирина «Фа минор» и «Фа мажор» вызвало одинаправленное снижение СМ практически всех частотных компонентов ЭЭГ, причем наибольшие изменения наблюдались у альфа-, бета- и гамма-ритмов.
2. Пьеса в миноре оказывала большее воздействие на динамику СМ в левом полушарии, а в мажоре – в правом.
3. Пьеса «Фа минор» заметно изменяла уровень ситуативной тревожности и выраженность эмоции «стыд», а «Фа мажор» – выраженность эмоций «радость» и «удивление».

## Список литературы

1. Любан-Плоцца Б. Музыка и психика: Слушать душой / Любан-Плоцца Б., Побережная Г., Белов О. – К.: «АДЕФ-Украина», 2002. – 200 с.
2. Захарова Н.Н. Функциональные изменения центральной нервной системы при восприятии музыки / Н.Н. Захарова, В.М. Авдеев // Журнал ВНД. – 1982. – Т. 32., № 5. – С. 915–929.

3. Шушарджан С.В. Музыкаотерапия: история и перспективы / С.В. Шушарджан // Клиническая медицина, 2000. – Т. 78, № 3. – С. 15–18.
4. Готсдинер А.Л. Музыкальная психология / Готсдинер А.Л. – М.: «НВ Магистр», 1993. – 190 с.
5. Петрушин В.И. Музыкальная психотерапия: Теория и практика / Петрушин В.И. – М.: ВЛАДОС, 1999. – 176 с.
6. Dalbokova D. Connotative meaning of auditory stimuli in the presence of music / D. Dalbokova, P. Kolev, R. Kristeva // Psychophysiology'88: Proc. 4<sup>th</sup> conf. int. organ. psychophysiol. (Prague, Sept. 12-17 1988). – Praha, 1988. – P. 60.
7. Спектральный анализ ЭЭГ человека при прослушивании музыки / А.В. Сулимов, Ю.В. Любимова, Р.А. Павлыгина [и др.] // Журнал ВНД. – 2000. – Т. 50, № 1. – С. 62–67.
8. Lateralized automatic auditory processing of phonetic versus musical information: A PET study / M. Tervaniemi, S.V. Medvedev, K. Alho [et al.] // Hum. Brain Mapp. – 2000. – V. 10.– № 2. – P. 74–79.
9. Ильин Е.П. Эмоции и чувства / Ильин Е.П. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.
10. Костюнина М.Б. Асимметрия электроэнцефалограммы при положительных и отрицательных эмоциях / М.Б. Костюнина, М.Н. Русалова // Всероссийская научная конференция с межд. участием, посвященная 150-летию со дня рождения акад. И.П. Павлова (Санкт-Петербург, 15-17 сентября 1999). – СПб., 1999. – С. 188

**Конарева І.М. Зміни електроенцефалограми та емоційного стану під впливом прослуховування музики / І.М. Конарева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – №1. – С. 40–47.**

Досліджувалася синхронізація коливальних процесів в кардіореспіраторній системі (КРС) випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції при вживанні методу керованого дихання (КД) з індивідуально підбраною частотою (ПЧ) відповідно локалізації максимального піку потужності в низькочастотному діапазоні спектру серцевого ритму (СР).

Показано, що у випробовуваних з нормотонічним і симпатичним типом вегетативної регуляції курсова дія КДПЧ веде до значного зниження Si і збільшення потужності спектральних компонентів СР. Отримані дані свідчать про зміну функціонального стану КРС і зменшення напруги регуляторних систем під впливом УДПЧ, що пов'язане з центральною і вегетативною респіраторно-залежною синхронізацією між дихальною і серцево-судинною системами.

**Ключові слова:** кардіореспіраторна система, вегетативна регуляція, кероване дихання, варіабельність серцевого ритму, спектральний аналіз.

**Konareva I.N. Encephalogram and emotional state modifications under the influence of listening music / I.N. Konareva // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 40–47.**

It is shown the differentiated influence of listening music in major and minor tunes in the same key on the power components of EEG and emotional phone of humans. It is found the one direction vectored suppression of the power of practically all the EEG rhythms with maximal modifications in  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ranges in both cases. The minor play influenced more on the EEG oscillation power in the left hemisphere and the major play in the right one. Listening the minor play reliably suppressed the index of the situative alarm and the display of the emotion of “shame”. Listening the minor play increased the display of the emotions “joy” and “surprise”.

**Keywords:** music, fa-minor, fa-major, EEG rhythms, fundamental emotions, alarm.

*Поступила в редакцію 04.03.2010 г.*

**УДК 517.121:963**

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭРИТРОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА ПРИ КАРДИОМИОПАТИИ**

*Коношенко С.В.<sup>1</sup>, Шушуа Илиас<sup>1</sup>, Ивашов В.А.<sup>1</sup>, Ёлкина Н.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

<sup>2</sup>*Крымский факультет Запорожского национального университета, Симферополь, Украина*

*E-mail: konoshenko@crimea.edu*

Показано, что при кардиомиопатии в эритроцитах человека возрастает содержание  $Mg^{2+}$ , повышается активность каталазы и глутатионредуктазы и вместе с этим стабилизируется образование вторичных продуктов перекисидации липидов. Изменения отдельных биохимических показателей в эритроцитах больных кардиомиопатией могут иметь компенсаторное значение.

**Ключевые слова:** эритроциты человека, магний, перекисидация липидов, антиоксидантные ферменты, кардиомиопатия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время все большую актуальность приобретают исследования, направленные на выявление молекулярных основ различных заболеваний и патологических состояний организма человека [1-3]. Изучение биохимических механизмов, ответственных за развитие патологических процессов, является важным не только с научной точки зрения, но и в практическом аспекте, поскольку связано с поиском новых биохимических тестов, использование которых может быть целесообразным при диагностике и лечении отдельных заболеваний.

Имеются данные о том, что при некоторых заболеваниях в патологический процесс вовлекаются эритроциты [4, 5]. Однако, до сих пор остаётся не решённым вопрос о зависимости биохимических изменений в эритроцитах от вида патологии. Большой интерес для изучения в этом аспекте представляют сердечно-сосудистые заболевания, при которых могут активироваться процессы перекисидации липидов, что сопряжено с развитием окислительного стресса [6].

В связи с этим, целью настоящей работы являлось изучение отдельных биохимических показателей эритроцитов при кардиомиопатии.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Материалом для исследований служили эритроциты практически здоровых людей (25-ти доноров станции переливания крови) и 25-ти больных кардиомиопатией.

Гемолиз эритроцитов осуществляли по методу Драбкина [7]. Определение ионов магния ( $Mg^{2+}$ ) в гемолизатах эритроцитов проводили с использованием



## ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

голубого ксилдила [8]. Содержание малонового диальдегида (МДА) – вторичного продукта перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли по реакции с тиобарбитуровой кислотой [9].

Активность глутатионредуктазы оценивали по образованию окисленной формы НАДФ спектрофотометрическим методом [10]. Активность каталазы определяли спектрофотометрическим методом [11].

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли с использованием t-критерия Стьюдента.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали исследования, при кардиомиопатии наблюдается увеличение уровня магния ( $Mg^{2+}$ ) в эритроцитах: в 1,46 раза по сравнению с контрольной группой доноров (табл. 1). Этот факт представляет определенный интерес, поскольку  $Mg^{2+}$  и другие металлы переменной валентности являются одними из прооксидантов, участвующих в реакциях генерирования АФК, в частности,  $\cdot OH$  – радикала [12]. Из литературы известно, что при многих заболеваниях, в том числе сердечно-сосудистых, нарушается целостность клеточных мембран [11]. Структурные изменения эритроцитарных мембран и, как следствие, усиление их проницаемости, могут быть одной из основных причин увеличения ионов магния в эритроцитах больных.

Для оценки общего прооксидантно-антиоксидантного статуса эритроцитов было проведено определение содержания в гемолизатах МДА и активности двух антиоксидантных ферментов – каталазы и глутатионредуктазы.

Показано, что содержание МДА в эритроцитах больных кардиомиопатией практически остаётся в пределах нормы (табл. 1). Возможно, это связано с более активным использованием первичных продуктов перекисного окисления липидов в метаболических процессах и ограничением накопления вторичных продуктов ПОЛ.

Изучение активности антиоксидантных ферментов показало, что у больных кардиомиопатией активность каталазы и глутатионредуктазы увеличивается в 1,5 раза по сравнению с контрольной группой (табл. 2). Повышение активности изученных ферментов свидетельствует об активации антиоксидантной системы эритроцитов, что может иметь компенсаторное значение.

Таблица 1.

Содержание  $Mg^{2+}$  и МДА в эритроцитах больных кардиомиопатией ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Обследованные группы	$Mg^{2+}$ , ммоль·л <sup>-1</sup>	МДА, ед.опт.пл.
Контрольная группа	3,71 ± 0,24	0,127 ± 0,005
Больные кардиомиопатией	5,43 ± 0,22*	0,120 ± 0,003

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

**Таблица 2.**  
**Активность каталазы и глутатионредуктазы в эритроцитах больных кардиомиопатией ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )**

Обследованные группы	Активность каталазы, ммоль·с <sup>-1</sup> ·л <sup>-1</sup>	Активность глутатионредуктазы, нмоль·мин <sup>-1</sup> ·мл <sup>-1</sup>
Контрольная группа	0,24 ± 0,04	0,105 ± 0,013
Больные кардиомиопатией	0,36 ± 0,06*	0,195 ± 0,018*

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

Таким образом, полученные данные позволяют предположить, что при кардиомиопатии в эритроцитах осуществляются биохимические изменения, которые могут быть связаны с интенсификацией генерирования АФК и направлены на поддержание прооксидантно-антиоксидантного равновесия эритроцитов в условиях соответствующей патологии.

### ВЫВОДЫ

1. При кардиомиопатии в эритроцитах человека возрастает содержание Mg<sup>2+</sup>, что может инициировать генерирование активных форм кислорода.
2. В эритроцитах больных кардиомиопатией развиваются компенсаторные процессы, связанные с повышением активности антиоксидантных ферментов (каталазы и глутатионредуктазы) и стабилизацией образования вторичных продуктов ПОЛ.

### Список литературы

1. Меньщиков Е.Б. Окислительный стресс при воспалении / Е.Б. Меньщиков // Усп. совр. биол. – 1997. – Т. 117, № 2. – С. 155–169.
2. Титов В.Н. Внутриклеточный дефицит полиеновых жирных кислот в патогенезе атеросклероза / В.Н. Титов // Кардиология. – 1998. – Т. 38, № 1. – С. 43–49.
3. Relationship between oxidative stress, lipid peroxidation and ultrastructural damage in patients with coronary artery disease undergoing cardioplegic arrest / I. Milei, P. Forcada, C. Fraga [et al] // Cardiovasc. Res. – 2007. – V. 73, № 4. – P. 626–628.
4. Белковый спектр мембран эритроцитов у больных раком лёгких и опухолями головы и шеи / В.В. Новицкий, В.Е. Гольдберг, М.В. Колосова [и др.] // Бюлл. эксперим. биологии и медицины. – 1999. – Прилож. 1. – С. 18–20.
5. Ёлкина Н.М. Метаболические изменения в эритроцитах больных циррозом печени. / Н.М. Ёлкина, В.В. Казакова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – Серия: Биология, химия. – 2006. – Т. 19(58). – № 1. – С. 40–42.
6. Роль свободных радикалов кислорода в повышенной чувствительности гипертрофированного миокарда крысы к ишемии / Е.И. Каленикова, Е.А. Городецкая, А.Н. Мурашев [и др.] // Биохимия. – 2004. – Т. 69, вып.3. – С. 386–392.
7. Drabkin D.A simplified technique for large scale crystallization of myoglobin and haemoglobin in the crystalline / D.A Drabkin // Arch. Biochem. – 1949. – V. 21 – P. 224–226.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

- Burtis C.A. The method for studding of  $Mg^{2+}$  in erythrocytes / C.A. Burtis, E.R. Ashwood. – Philadelphia. – 1999. – 1010 p. (Textbook of Clinical Chemistry).
- Мецишен І.Ф. Метод визначення загальної антиоксидантної активності плазми (сироватки) крові / І.Ф. Мецишен, В.П. Пішак, В.П. Польовий // Буковинський медичний вісник. – 2007. – Т. 11, № 3. – С. 165–167.
- Агабели Р.А. Определение активности глутатионредуктазы / Р.А. Агабели – Баку, 1989. – 120 с. (Антиоксиданты и антиоксидантные ферменты).
- Метод определения активности каталазы / М.А. Королюк, Л.И. Иванова, И.Г. Майорова [и др.] // Лаб. дело. – 1988. – № 1. – С. 16–19.
- Турпаев К.Т. Активные формы кислорода и регуляция экспрессии генов / К.Т. Турпаев // Биохимия. – 2002. – Т. 67, № 3. – С. 339–352.

**Коношенко С.В. Характеристика окремих біохімічних показників еритроцитів людини при кардіоміопатії / С.В. Коношенко, Іліас Шушуа, В.А. Івашов [та ін.] // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 48-51.**

Показано, що при кардіоміопатії в еритроцитах людини зростає вміст  $Mg^{2+}$ , підвищується активність каталази і глутатионредуктази і водночас стабілізується утворення вторинних продуктів пероксидації ліпідів. Зміни окремих біохімічних показників в еритроцитах хворих кардіоміопатією можуть мати певне компенсаторне значення.

**Ключові слова:** еритроцити людини, магній, пероксидація ліпідів, антиоксидантні ферменти, кардіоміопатія.

**Konoshenko S.V. The character of some biochemical indexes of human erythrocytes under cardiomyopathy / S.V. Konoshenko, Ilias Shushua, V.A. Ivashov [et al.] // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 48-51.**

It has been shown that under cardiomyopathy the content of  $Mg^{2+}$  and the activity of catalase and glutathione – reductase in human erythrocytes are rised. At the same time the formation of secondary lipid peroxidation products is stabilized. It is possible, that biochemical changes in erythrocytes under cardiomyopathy have compensatoric importance.

**Keywords:** human erythrocytes, magnesium, lipid speroxidation, antioxidative enzymes, cardiomyopathy.

*Поступила в редакцію 16.03.2010 г.*

**УДК 578.087: 612.014.421 : 612.087**

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ХРОНИЧЕСКОЙ ВНЕКЛЕТочНОЙ РЕГИСТРАЦИИ НЕЙРОННОЙ АКТИВНОСТИ У СВОБОДНОПОДВИЖНЫХ ЖИВОТНЫХ**

*Куличенко А.М., Павленко В.Б., Фокина Ю.О., Ильичев А.Г.*

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

Разработана и описана конструкция устройства, обеспечивающего возможность точного погружения микроэлектрода на неограниченную глубину к исследуемым структурам мозга животных.

**Ключевые слова:** микроманипулятор, электрод, нейронная активность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В нейрофизиологических исследованиях часто возникает необходимость применения микроманипуляционной техники, позволяющей осуществлять микроперемещения различных инструментов [1]. Известны пьезоэлектрические, пневматические и механические типы микроманипуляторов. Первые два, в основном, применяются при микрохирургии клетки. Манипуляторы с механическим приводом более широко применяются на практике нейрофизиологических экспериментов. Используемые в микроэлектродных исследованиях микроманипуляторы имеют ряд существенных недостатков, ограничивающих возможности их применения. К ним относятся люфт деталей микрометрической подачи, передающийся электроду [2, 3], невозможность изменения трека проходки и небольшая глубина погружения электрода [4-6], приблизительность контроля погружения [2, 4, 5, 7], большие габариты и масса устройств [2, 3, 5]. Кроме того, при исследованиях глубинных структур мозга возникает проблема точности подводки электрода к исследуемым структурам мозга. Поэтому целью настоящей работы является разработка устройства, позволяющего повысить точность погружения электродов к исследуемым структурам, чувствительность и избирательность отведения активности, отличающегося простотой изготовления, смены электродов с учетом возможности изменения трека проходки. В качестве прототипа [6] выбран компактный микроманипулятор, который используется для осуществления хронической экстраклеточной регистрации нейронной активности на фиксированных и свободноподвижных животных. Недостатком прототипа является отсутствие точности подводки электрода к исследуемой структуре, которая, во многом, зависит от строгого соответствия установки держателя микроманипулятора стереотаксическим координатам исследуемой структуры мозга. Кроме того, в устройстве используются микроэлектроды, выполненные из вольфрама, которые имеют относительно большой диаметр. Известно, что тканевая

реакция выражена тем сильнее, чем больше инородное тело. Таким образом, такие электроды существенно разрушают нервную ткань, в результате ограничивая число треков и, соответственно время работы манипулятора.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Объектом исследования явился характер регистрации экстраклеточной активности нейронов головного мозга мягкофиксированных кошек. Для достижения указанной цели был проведен патентный поиск, разработка и создание устройства, оперативная подготовка животного, отведение биопотенциалов от нейронов ствола головного мозга бодрствующей кошки. Остальные подробности методики отведения нейронной активности подробно описаны в ранее опубликованной статье [8].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В устройство включено две части: собственно микроманипулятор и направляющая канюля (рис. 1 – 1, А; 1, Б). Основой манипулятора явился подстроечный многооборотный резистор СП5-22 длиной 34,5 мм, шириной 10 мм и высотой 7 мм (рис. 1 – 1, А). С целью обеспечения контроля погружения электрода на боковые поверхности корпуса манипулятора нами были нанесены шкалы (рис. 1 – 2, А). Расположенный внутри корпуса винт (рис. 1 – 3, А) служит для перемещения ползунка (рис. 4, А). Учитывая длительность срока эксплуатации, воздействие температуры во время соединения электродов пайкой и необходимость электроизоляции в качестве материала для его изготовления использован фторопласт. На ползунк с помощью штыревого контакта (рис. 1 – 5, А) была прикреплена контактная пластина из луженой меди (рис. 1 – 6, А). В качестве припоя для крепежа электродов использовали легкоплавкий (температура плавления 65,5°) сплав Вуда.

С целью минимизации люфта детали микрометрической подачи электрода и электрод в манипуляторе должны были иметь независимые направляющие. С учетом этого, подводящую трубку (рис. 1. – 8, А), изготовленную из инъекционной иглы арт. 27G 3/4” (диаметр 0,4 мм), жестко крепили к ползунку. В процессе погружения электрода она перемещается внутри направляющей трубки. Направляющая трубка сделанная из инъекционной иглы арт. 22G 1 1/2” (диаметр 0,7 мм) (рис. 1. – 10, А) была жестко прикреплена к крепежной латунной шайбе манипулятора. В результате конструкция предохраняет от попадания посторонних частиц и механических повреждений, поскольку все подвижные детали, микрометрическая резьба и электрод расположены внутри микроманипулятора.

За счёт включения в устройство направляющей канюли (рис. 1. – 12, Б), жестко скрепленной с основанием (рис. 1. – 11, Б), которая вводится в мозг строго в соответствии стереотаксическим координатам достигается повышение точности погружения электродов к исследуемым структурам.

**Электроды.** Для внеклеточного отведения использован электрод из серебряного микропровода (диаметр 12 мкм) в стеклянной изоляции (общая толщина 70 мкм), кончик которого с помощью полировального круга, на котором была нанесена алмазная паста, затачивался наискосок подобно кончику инъекционной иглы. В результате достигается относительно низкое сопротивление

электрода (1 Мом) и высокая избирательность регистрации сигнала. Электроды из серебряного микропровода обладают хорошей электропроводностью, биологической инертностью (нетоксичностью), высокой прочностью, возможностью надёжного и удобного крепления, отсутствием поляризации, высокой помехоустойчивостью к специфическим помехам, лёгкостью и пластичностью, физико-химической инертностью, стабильностью измерений, малыми габаритами и весом, простотой и долговечностью. За счет высокой гибкости и небольшой кривизны, после прохождения трека поворотом манипулятора на небольшой угол позиционирует электрод в трек, отличный от исходного.

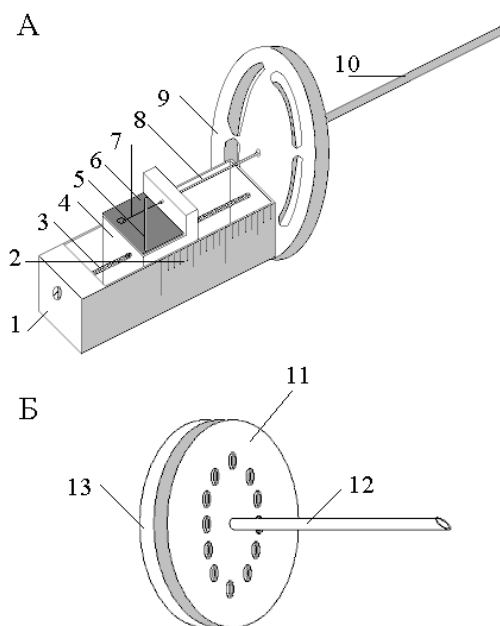


Рис. 1. Устройство для хронической внеклеточной регистрации внеклеточной нейронной активности у фиксированных животных. 1, А – алюминиевый корпус; 2, А – миллиметровая шкала; 3, А – винт; 4, А – ползунок; 5, А – контактный стержень; 6, А – контактная пластина; 7, А – электрод; 8, А – подводящая трубка; 9, А – крепежная шайба; 10, А – направляющая трубка; 11, Б – основание направляющей канюли; 12, Б – направляющая канюля; 13, Б – пластмассовая крышка.

В результате, вращением манипулятора достигается возможность изменения трека проходки электрода и неограниченная глубина погружения электрода. Конструкция электродов предусматривает возможность надёжного и удобного крепления.

**Детали крепления микроманипулятора.** На черепе животного крепежная шайба микроманипулятора крепится к основанию направляющей канюли винтами (рис. 1. – 11, А).

**Порядок работы с устройством.** Направляющая канюлю (рис. 1. – 12, А) вводили в мозг в соответствии со стереотаксическими координатами исследуемой структуры таким образом, чтобы её кончик располагался в 2-3 мм от зоны отведения электрической активности нейронов животного. Её основание (рис. 1. – 11, А) с помощью зубного цемента фиксируется к костям черепа.

Животное находилось в магнито-экранированной камере. Снимается предохранительная крышка (рис. 1. – 13, А), прикрывающая основание (рис. 1. – 11, А). С помощью винтов с резьбой, соответствующей резьбовым отверстиям основания (рис. 1. – 11, А) корпус манипулятора крепится к направляющей канюле (рис. 1. – 12, А). Электрод (рис. 1. – 7, А) припаянный к контактной пластине (рис. 1. – 5, А) посредством штыревого контакта подключается к предусилителю для усиления электрической активности нейронов. Погружение электрода (рис. 1. – 7, А) осуществляется посредством вращения винта (рис. 1. – 3, А). Микрометрическая подача микроманипулятора обеспечивает плавное перемещение электрода на 10-15 мм и надежную фиксацию на заданной глубине.

Величина перемещения в данном устройстве определяется шагом резьбы винта и составляет 0,35 мм на 1 оборот. Это позволяет отводить электрическую активность нейронов коры и глубинных структур мозга животного с точным учётом локализации структур в соответствии со стереотаксическими координатами. Малые габариты и масса (высота корпуса устройства 34,5 мм, масса с электродом 7,8 г) позволяют устанавливать его на черепе любых экспериментальных животных (крыс, кроликов, кошек и др.).

ФИА нейронов, отводимая микроэлектродом, поступала на вход миниатюрного предварительного усилителя. Малые габариты и вес предварительного усилителя позволяют устанавливать его в непосредственной близости от микроманипулятора на голове животного. Это также обеспечивало минимизацию сетевых наводок и артефактов движения. С электрофизиологической установкой предварительный усилитель соединяли тонким и гибким кабелем. Дальнейшее усиление импульсной активности и массовой электрической активности неокортекса осуществлялось с помощью установки УФУ-БК (производство ЭПМ НИИЭМ РАМН, Санкт-Петербург). Полоса пропускания тракта импульсной активности нейронов составляла 10-10000 Гц.

Оригинальные потенциалы действия поступали через лабораторный интерфейс на вход компьютера IBM PC. Частота оцифровки нейронной активности составляла 10000 с<sup>-1</sup>.

В процессе исследования характера регистрации экстраклеточной активности нейронов головного мозга на каждом из двух животных сделано от 50 до 100 треков. Время работы устройства достигало одного года. В результате выявлен следующий характер регистрации экстраклеточной активности нейронов головного мозга мягкофиксированных кошек. На качество записи нейронной активности практически не оказывали влияние движения животного. Амплитуда потенциалов

действия зарегистрированных нейронов достигала 150 мкВ. Амплитуда шума при этом достигала 25 мкВ (рис. 2).

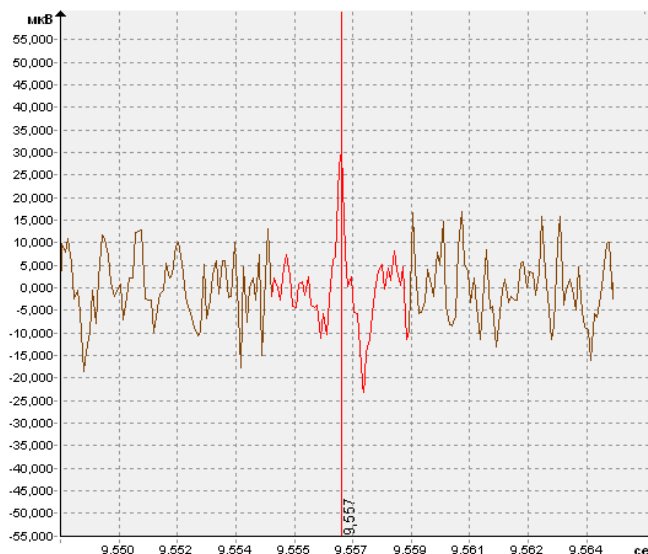


Рис. 2. Пример записи потенциала действия исследованного нейрона.

Таким образом, отношение сигнал/шум удовлетворяет требованиям эксперимента.

Малые габариты и масса (максимальная высота 23,8 мм, максимальный диаметр 5,6 мм, масса устройства с электродом, отводящим проводом и деталями крепления 0,9 г) позволяют устанавливать данный микроманипулятор на черепе любых экспериментальных животных (крыс, кроликов, кошек и др.). Микроманипулятор легко разбирается, благодаря чему замена изношенных частей не вызывает затруднений. Кроме того, предусмотрена возможность снимать устройство с черепа животного по окончании каждого эксперимента.

### ВЫВОДЫ

1. Разработанное устройство для хронической внеклеточной регистрации внеклеточной нейронной активности у свободноподвижных животных сравнительно просто в изготовлении и эксплуатации и позволяет позиционировать электроды из серебряного микропровода во время длительных (до 1 года) экспериментов по регистрации нейронной активности у свободноподвижных животных.
2. Используемые в устройстве электроды позволяют погружения на большую глубину с возможностью изменять трек проходки.
3. Использование разработанного и описанного устройства позволит отводить электрическую активность нейронов у свободноподвижных животных с большим рабочим диапазоном, высокой чувствительности и избирательности



отведения активности и высокой точностью измерения глубины погружения электрода.

Список литературы

1. Костюк П.Г. Микроэлектродная техника : монография / П.Г. Костюк. – Киев: Наукова думка, 1960. – 130 с.
2. Воробьев Г.В. Новые модификации манипуляторов для микроэлектродных исследований / Г.В. Воробьев, В.Ф. Захаров // Физиол. журн. СССР. – 1972. – Т. 58, № 6. – С. 960.
3. Догадов А.А. Компактный микроманипулятор для хронического эксперимента / А.А. Догадов, Ю.В. Николаев, В.Н. Овощников // Физиол. журн. СССР. – 1974. – Т. 64, № 2. – С. 249.
4. Котляр Б.И. Активность нейронов дорсального гиппокампа у свободнопередвигающихся кроликов / Б.И. Котляр, О.Б. Зубова // Биол. Науки. – 1974, № 5. – С. 23.
5. Brown F.A. An orientation response to weak gamma radiation / F.A Brown // Biological Bulletin – 1963. – Vol. 125, №2. – P. 206–225.
6. Korshunov V.A. A micromanipulator for two-channel recording of neuron activity with high-impedance electrodes in freely moving animals / V.A. Korshunov // Neuroscience and Behavioral Physiology. – 1999. – V. 29, № 6. – P. 677–680.
7. Гринченко Ю.В. Простой микроманипулятор для исследований нейронной активности у кроликов в свободном поведении / Ю.В. Гринченко, В.Б. Швырков // Журн. высш. нервн. деят-сти. – 1974. – Т. 24, № 4. – С. 870.
8. Куличенко А.М. Изменения ээг и активности предполагаемых дофаминергических нейронов вентрального тегмента при проведении сеансов обратной связи / А.М. Куличенко, Ю.О. Фокина, В.Б. Павленко // Нейрофизиология. 2009. – Т. 41, № 3. – С. 235–240.

**Куличенко О.М. Пристрій для хронічної реєстрації позаклітинної нейронної активності у вільнорухомих тварин / О.М. Куличенко, В.Б. Павленко, Ю.О. Фокіна [та ін.] // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 52-57.**

Розроблена і описана конструкція пристрою, що забезпечує можливість точного занурення мікроелектроду на необмежену глибину до досліджуваних структур мозку тварин.

**Ключові слова:** мікроманіпулятор, електрод, нейронна активність.

**Kulichenko A.M. Device for chronic registration of extra-cellular neuron activity at freely-moving animals / A.M. Kulichenko, V.B. Pavlenko, Y.O. Fokina [et al] // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 52-57.**

Construction of device providing a possibility of exact immersion of microelectrode on an unlimited depth to the explored structures of animal brain is developed and described.

**Keywords:** micromanipulator, electrode, neuron activity.

*Поступила в редакцію 02.03.2010 г.*

УДК 633.812:575.127.2

## СТРУКТУРА ЖЕЛЕЗИСТОГО АППАРАТА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PELARGONIUM* L.

*Лысякова Н.Ю., Симагина Н.О.*

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

Получены данные по строению, распределению, размерам железистых структур видов, гибридов и сортов герани. Показана высокая положительная корреляция между комплексом признаков железистого аппарата и интенсивностью маслообразовательного процесса. Эти показатели могут быть использованы для оценки и отбора перспективных генотипов герани в селекции на высокую масличность.

**Ключевые слова:** железистые структуры, гибриды и сорта герани.

### ВВЕДЕНИЕ

Обширный род *Pelargonium* L. семейства Geraniaceae включает 250 видов. Родиной пеларгонии является Капская провинция Южной Африки. В 17 веке пеларгонии были завезены в Европу, а затем в США, и были введены в культуру как декоративные и эфиромасличные растения [1, 2]. В результате активных селекционных работ были получены карликовые (h=13-20 см) и штамбовые (h=170 см) сорта с пестрыми листьями разной степени рассечения и интенсивности окраски с белыми, двухцветными, махровыми цветками. В композициях ландшафтного дизайна широко используются виды *P. graveolens*, *P. bortensis*, *P. hederifolia*, *P. odorata*, *P. endlicherianum*. В качестве эфиромасличного сырья культивируют *P. roseum* L'Herit – сложный гибрид видов *P. radula* L'Herit, *P. capitatum* L'Herit. Основными производителями гераниевого масла являются Алжир, Марокко, Франция, Испания, Тунис, Италия, Болгария, Индия, Япония, США.

Эфирное масло герани впервые было получено методом гидродистилляции из свежих листьев и стеблей в 1819 г. французским химиком Реклузом. Содержание эфирного масла в сырье варьирует от 0,09 до 0,16 и даже 0,5 % от веса сырой массы. В состав эфирного масла входят 100 компонентов, основными из которых являются цитронеллол (65-70 %) и гераниол, а также терпениол, линалоол, борнеол (терпеновые спирты), терпены (α-пинен, фелландрен), эфиры (уксусной, бутановой, валериановой, муравьиной кислот), кетоны, фенол — эвгенол. Соотношение компонентов меняется в зависимости от сорта и условий произрастания.

Эфирное масло применяют в народной медицине как тонизирующее, вяжущее, гемостатическое, антисептическое, противодиабетическое, в парфюмерно-косметической промышленности для выработки высококачественных духов, в качестве ароматизаторов табака, чая, кондитерских изделий, напитков, эссенций.

Расширение исходного материала в селекции новых видов, создание самоопыляемых линий, гибридов требует совершенствования методов отбора. Одним из путей повышения эффективности методических подходов в селекционно-генетических работах с геранью является изучение особенностей структуры железистого аппарата, изменчивости и наследования показателей, характеризующих его. Комплексное, всестороннее исследование анатомо-морфологических показателей, коррелирующих с масличностью, позволит найти подходы направленного формирования признаков, определяющих содержание эфирного масла [3-5].

В связи с этим целью наших исследований было: установление особенностей железистого аппарата, выявление закономерностей его наследования у межвидовых гибридов герани, разработка рекомендаций по подбору исходного материала для гибридизации.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования служили 28 гибридов комбинации скрещивания *P. capitatum* x *P. radula* и 26 гибридов комбинации скрещивания *P. roseum* x *P. capitatum*, полученных при скрещивании видов *P. roseum* L'Herr., *P. capitatum* L'Herr., *P. radula* L'Herr.

Определение плотности и размеров железистого структур проводили на временных препаратах листьев герани (5 пара от апекса побега). Материал обесцвечивали 1% раствором КОН, окрашивали 1 % водным раствором фуксина и заключали в глицерин. Подсчет количества железистых образований проводили при помощи окулярной сеточки ( $S=0,64 \text{ мм}^2$ ), измерение диаметра железистых образований — при помощи винтового окулярмикрометра. Морфологические и морфометрические измерения проводили на постоянных препаратах, приготовленных по общепринятой методике и окрашенных реактивом Шиффа [6, 7].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анатомия вегетативных органов исследованных видов и гибридов пеларгонии однотипна. Стебель покрыт эпидермой с незначительно утолщённой наружной тангенциальной стенкой. В комплекс эпидермы входят многочисленные одно-двухклеточные кроющие и железистые трихомы [8]. Первичная кора представлена двумя рядами пластинчатой колленхимы, хлоренхимой и крахмалоносным влагалищем. Хорошо выражено склеренхимное кольцо перициклического происхождения. Центральный цилиндр представлен открытыми коллатеральными пучками. Мезофилл листа дифференцирован на столбчатый и губчатый. Жилка укреплена уголкой колленхимой и склеренхимными тяжами вдоль проводящих тканей. Цитологические исследования гибридов герани показали наличие двух типов железистых образований в эпидерме вегетативных органов: мелкие железистые трихомы с одноклеточной головкой ( $d=10-25 \text{ мкм}$ ) и одноклеточной ножкой, крупные железистые трихомы с одноклеточной головкой ( $d=50-65 \text{ мкм}$ ) и длинной многоклеточной ножкой. Это соответствует литературным данным по структуре железистого аппарата у других видов и гибридов герани [5]. У изученных

нами гибридов плотность железистых образований на единицу поверхности листа была различной. Гибриды, полученные от скрещивания *P.capitatum* x *P.radula* отличались более высокой плотностью секреторных структур, чем гибриды в комбинации скрещивания *P.roseum* x *P.radula* (табл. 1). Наиболее продуктивным по содержанию эфирного масла среди родительских форм является вид *P.radula*.

**Таблица 1.**  
**Характеристика железистого аппарата у видов и гибридов герани ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )**

Виды и гибриды	Содержание эфирного масла, %	Плотность железистых волосков, шт/мм <sup>2</sup>		Суммарное количество жел.волосков, шт	Суммарный объем железистых волосков
		крупных	мелких		
Виды					
<i>P.radula</i>	0,697	37,8 ± 0,2	25,5 ± 0,5	63,3 ± 0,2	61,20 ± 0,2
<i>P.capitatum</i>	0,052	11,2 ± 0,2	11,8 ± 0,3	23,0 ± 0,1	11,76 ± 0,3
<i>P.roseum</i>	0,331	22,8 ± 0,1	24,5 ± 0,5	47,3 ± 0,4	28,05 ± 0,5
Гибриды P <sub>1</sub> :					
<i>P.capitatum</i> x <i>P.radula</i>	0,355	20,1 ± 0,9	26,8 ± 0,8	46,9 ± 1,5	48,21 ± 1,2
<i>P.roseum</i> x <i>P.radula</i>	0,392	18,4 ± 0,7	18,8 ± 1,2	37,2 ± 0,9	32,60 ± 0,7

Установлена положительная коррелятивная связь между содержанием эфирного масла в растении и суммарным количеством и объемом железистых структур ( $r=0,85$ ). Слабее связь проявляется относительно масляности и количества крупных ( $r=0,58$ ) и мелких железистых волосков ( $r=0,26$ ).

Изучение особенностей изменчивости и наследования основных показателей структуры железистого аппарата проводилось с целью направленного формирования продуктивности эфирного масла на основе генетических закономерностей.

Родительские формы гибрида *P.capitatum* x *P.radula* существенно (в 10 раз) отличаются по содержанию эфирного масла и в 2,1-2,7 раза по плотности железистых волосков разных размерных групп. У гибридов из комбинации *P.capitatum* x *P.radula* плотность крупных ( $C_v=58,4$  %), мелких ( $C_v=32,7$  %) железистых волосков, их суммарное количество ( $C_v=40,6$  %) и суммарный объем ( $C_v=42,5$  %) варьируют в широких пределах (табл. 2). При изучении характера наследования морфолого-анатомических показателей структуры железистого аппарата у гибридов этой комбинации скрещивания большая часть гибридов (63,8 %) проявила промежуточный тип наследования. Промежуточный характер наследования наблюдался также относительно суммарного количества и объема

## СТРУКТУРА ЖЕЛЕЗИСТОГО АППАРАТА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ

железистых образований на поверхности листа (63,3 %). Наличие гетерозиса было отмечено по количеству мелких железистых волосков у незначительного числа гибридов (3,0 %). Особенностью наследования показателей железистого аппарата у гибридов в комбинации *P.capitatum* x *P.radula* является депрессия по всем основным показателям структуры железистого аппарата.

**Таблица 2.**  
**Наследование плотности железистых волосков и суммарного объема железистых образований у гибридов *P.capitatum* x *P.radula***

Тип наследования	Основные показатели структуры железистого аппарата			
	Плотность крупных железистых волосков	Плотность мелких железистых волосков	Суммарное количество железистых образований	Суммарный объем железистых образований
Гетерозис, %	0	3,0	0	0
На уровне лучшего родителя, %	4,2	4,0	0	0
Промежуточный, %	63,8	66,7	63,3	65,7
Депрессия, %	32,0	26,3	36,7	38,4

Родительские формы другого гибрида *P.roseum* x *P.radula* отличались друг от друга по морфологическим показателям, определяющим масличность, не столь значительно (табл. 1) По содержанию эфирного масла отцовская форма *P.radula* превышает материнскую *P.roseum* примерно в 2 раза. У гибридов, полученных от скрещивания этих форм пределы варьирования плотности железистого аппарата на единице площади и суммарного объема железистых образований достаточно широки. Наиболее высок коэффициент вариации суммарного объема железистых образований (65,1 %).

В отличие от гибридов комбинации скрещивания *P.capitatum* x *P.radula* наблюдается значительное количество гибридов, превышающих родительские формы по плотности железистых образований и суммарному объему. От 7 до 11 % гибридов по этим показателям находится на уровне лучшего родителя (табл. 3). Гетерозис по количеству крупных железистых волосков проявляется у 4,7 % гибридов, по суммарному количеству железистых образований и их объему у 12,6 % и 11,0 % соответственно. По количеству мелких железистых волосков эффект гетерозиса проявляется у 38,3 % гибридов. Примечательно, что в данной гибридной комбинации промежуточный тип наследования представлен небольшим количеством гибридов.

Депрессия выражена более ярко, чем у предыдущих форм по всем показателям, характеризующим структуру железистого аппарата и составляет 66,2 % гибридов

относительно плотности крупных железистых волосков, 50,2 % – относительно мелких, 54,8 % – суммарного количества и 62,0 % суммарного объема (табл. 3).

**Таблица 3.**  
**Наследование плотности железистых волосков и суммарного объема железистых образований у гибридов *P.roseum* x *P.radula***

Тип наследования	Основные показатели структуры железистого аппарата			
	Плотность крупных железистых волосков	Плотность мелких железистых волосков	Суммарное количество железистых образований	Суммарный объем железистых образований
Гетерозис, %	4,7	38,3	12,6	11,0
На уровне лучшего родителя, %	6,7	11,5	6,7	7,7
Промежуточный, %	23,4	0,0	25,9	20,3
Депрессия, %	66,2	50,2	54,8	62,0

Анализируя особенности наследования структуры железистого аппарата гибридами, полученными при скрещивании видов *P.capitatum*, *P.radula*, *P.roseum* можно предположить, что при скрещивании родительских форм, контрастных по показателям структуры железистого аппарата и по масличности, гибриды характеризуются в основном промежуточным характером наследования признаков. В случае скрещивания родительских форм, близких по плотности железистых структур и по их объему, у гибридов проявляется депрессия по этим признакам.

Анатомо-морфологические закономерности развития железистых образований изучены у многих высших растений. Как показали исследования, одной из наиболее характерных особенностей железистых образований является их ранняя дифференцировка. Аналогичные данные были получены при изучении онтогенеза железистых волосков у герани.

Волоски, формируясь на ранних этапах развития органа, сохраняются в течение всей жизни растений. На постоянных препаратах отмечена ранняя дифференцировка железистых структур у гибридов *P.capitatum* x *P.radula*, *P.roseum* x *P.radula*. Одновременно с дифференциацией листовой пластинки начинается митотическое деление инициальной клетки. После нескольких митотических делений образуется железистый волосок, состоящий из базальной клетки, 1-3-х клеточной ножки и апикальной секреторной клетки — головки, которая имеет округлую форму. Начало функционирования волосков связано с появлением субкутикулярной полости, в которой накапливается эфирное масло.

В настоящее время известно, что синтез и выделение секрета в железистых клетках затрагивают почти все клеточные структуры. Морфологическими критериями, отражающими особенности функционирования этих клеток, являются состояние и размеры их ядерного аппарата. Морфометрические исследования ядерного аппарата показали, что для всех изученных форм — Аист, Крунк 13, *P.roseum* объем ядер сформировавшихся секреторных клеток в 2 раза превышает объем ядер эпидермальных клеток (табл. 4).

**Таблица 4.**  
**Цитологическая характеристика функциональной активности секреторных клеток ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )**

Виды и сорта	Содержание эфирного масла, %	Объем ядер клеток ( $1 \cdot 10^3 \text{ мкм}^3$ )	
		Секреторные клетки	Эпидермальные клетки
<i>P.roseum</i>	0,331	$0,575 \pm 0,02$	$0,324 \pm 0,02$
Аист	0,667	$0,620 \pm 0,03$	$0,333 \pm 0,05$
Крунк 13	0,683	$0,627 \pm 0,03$	$0,328 \pm 0,03$

Сравнивая объемы ядер секреторных клеток, нами было отмечено, что сорта Аист и Крунк 13, отличающиеся более высоким содержанием эфирного масла соответственно имеют и больший объем ядер секреторных клеток, чем менее маслянистый вид *P.roseum*.

Таким образом, состояние ядерного аппарата характеризует повышенную функциональную активность секреторных клеток по сравнению с эпидермальными. Объем ядер может служить косвенным показателем интенсивного маслообразовательного процесса и быть одним из критериев для отбора высокопродуктивных форм в селекции герани.

#### **ВЫВОДЫ**

1. Железистый аппарат изученных форм герани представлен 2 типами трихом: с одноклеточной головкой и одно- и многоклеточной ножкой, диаметр крупных волосков 50-65 мкм, мелких 25-30 мкм.
2. Выявлена положительная коррелятивная зависимость между уровнем накопления эфирного масла в растении и суммарным объемом железистых структур ( $r=0,85$ ) и количеством крупных железистых волосков ( $r=0,58$ ).
3. Наследование железистого аппарата у гибридов, полученных от скрещивания форм, контрастных по плотности железистых образований, происходит по промежуточному типу.
4. При скрещивании родительских форм, близких по плотности железистых образований, наблюдается депрессия по этим признакам.

5. Между морфологией ядерного аппарата секреторных клеток железистых волосков герани и функциональной активностью этих структур существует закономерная связь. Увеличение объема ядра в секреторных клетках является косвенным показателем реализации генетической информации, связанной с синтезом эфирного масла.

#### Список литературы

1. Алиян М.Б. Формирование урожая эфирного масла и его качества у перспективных сортов герани в условиях Араратской долины Армянской ССР: автореферат дисс. на соискание уч. степени канд. сельскохозяйств. наук / М.Б. Алиян. - Симферополь, 1983. - 25с.
2. Андон Т.М. Локализация кумариновых соединений в секреторных вместилищах *Ruta graveolens* L. / Т.М. Андон, Г.А. Денисова // Растительные ресурсы. - 1994. - Т. 10. - №4. - С. 528-540.
3. Зауралов О.А. Изменение содержания эфирного масла и числа эфиромасличных железок у растений сем. губоцветных из различных географических зон / О.А. Зауралов // Растительные ресурсы. - 1978. - Т. 14. - №3. - С. 412-418.
4. Погорельская А.Н. Отбор высокопродуктивных генотипов шалфея мускатного с использованием микроморфологических особенностей железистого аппарата чашечки цветка / А.Н. Погорельская, Л.М. Теплицкая // Цитология и генетика. - 1985. - Т. 19. - №5. - С. 128-131.
5. Лысякова Н.Ю. Особенности наследования структуры железистого аппарата у межвидовых гибридов герани / Н.Ю. Лысякова, В.Н. Оганесян, М.Г. Бобовская // Осн. направления науч. исследований по интенсификации эфиромасличного производства. - Ч. 1. - Симферополь, 1985. - С. 34-35.
6. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений / Паушева З.П. - М.: Колос, 1980. - 304с.
7. Плохинский Н.А. Математические методы в биологии / Плохинский Н.А. - М.: Моск. ун-та, 1978. - 261с.
8. Денисова Г.А. Распределение в растительном мире терпеноидсодержащих вместилищ / Г.А. Денисова // Ботанический журнал. - 1996. - Т. 61. - №11. - С. 1489-1506.

**Лысякова Н.Ю. Структура залізного апарату у представників роду *Pelargonium* L. / Н.Ю. Лысякова, Н.О. Симагина // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. - 2010. - Т. 23 (62). - № 1. - С. 58-64.**

Отримані дані по будові, розподілу, розмірам залізистих структур видів, гібридів і сортів герані. Показана висока позитивна кореляція між комплексом ознак залізистого апарату і інтенсивністю маслоутворюючого процесу. Ці показники можуть бути використані для оцінки і відбору перспективних генотипів герані в селекції на високу масличність.

**Ключові слова:** залізисті структури, гібриди і сорти герані.

**Lysyakova N.Yu. Structure of glandular apparatus at representatives of genus *Pelargonium* L. / N.Yu. Lysyakova, N.O. Simagina // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2010. - V.23 (62). - № 1. - P. 58-64.**

The structure, distributing, sizes of glandular structures of species, hybrids and sorts of geranium were revealed. The high cross-correlation between the complex of signs of glandular apparatus and intensity of oil-developing process was shown. These indexes can be used for an estimation and selection of perspective genotypes of geranium in high oily selection.

**Keywords:** glandular structures, hybrids and sorts of geranium.

Поступила в редакцію 04.03.2010 г.



**УДК 591.481.1: 577.3: 011.891.5**

## **МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ СЛАБОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ КРАЙНЕ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ**

*Мартынюк В.С.<sup>1</sup>, Ислямов Р.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина*

<sup>2</sup>*Крымский государственный медицинский университет им. С. И. Георгиевского,  
Симферополь, Украина*

*E-mail: mavis@science-center.net*

Исследована взаимосвязь поведения животных в «открытом поле» с активностью метаболических процессов в разных структурах головного мозга под влиянием переменного магнитного поля 8 Гц 5 мкТл. Показано, что в формировании поведения животных в новой обстановке важную роль играют метаболические процессы, которые тесным образом связаны с генетическими особенностями организма. Наиболее выраженные связи метаболических показателей с активностью животных в «открытом поле» имеют место в коре больших полушарий и гипоталамусе. Ответ организма животных на действие ПемП демонстрирует выраженную зависимость от его индивидуально-типологических особенностей. У животных, характеризующихся средним и высоким уровнем активности в «открытом поле», в ответе на действие МП 8 Гц более активную роль играет кора больших полушарий, тогда как у животных с низкой активностью – таламус и гипоталамус. Общий характер нарушений связей показателей поведения с метаболическими процессами характеризуется нивелированием исходных различий между группами животных с разными индивидуально-типологическими особенностями. В стереотипном ответе ЦНС на действие ПемП важную роль играет межполушарная асимметрия, при этом доминирующая роль в системной реакции на действие указанного фактора принадлежит правому полушарию.

**Ключевые слова:** переменное магнитное поле, головной мозг, метаболические корреляты поведения.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема поиска метаболических коррелятов поведения активно исследуется [1, 2].

Как показывают исследования, животные с разным уровнем активности в «открытом поле» генетически различаются и имеют разные аллельные гены [3, 4]. Белые крысы и мыши с высоким уровнем ориентировочно-исследовательского поведения по своим индивидуально-типологическим свойствам ближе к дикому фенотипу, селекция животных по высокому уровню этого признака приводит к возврату генетической линии к дикому фенотипу [5, 6]. Известно, что поведение животных в «открытом поле» может коррелировать с их чувствительностью к различным фармакологическим препаратам [7, 8], что указывает на индивидуальную организацию метаболических процессов в организме. Наличие разных аллелей ферментов, рецепторов и регуляторных белков может объяснять разную чувствительность животных к действию фармакологических препаратов и

разнообразных биологически активных веществ. В настоящее время не вызывает сомнений, что индивидуальные различия в поведении животных во многом обусловлены как морфофункциональной, так и биохимической индивидуальностью мозга [1].

Данные литературы показывают, что поведение животных контролируется не только на генетическом уровне. Факторы окружающей среды, в частности переменные магнитные поля крайне низких частот (ПеМП) модифицируют поведение животных и активность разных звеньев иммунитета, характеризующих неспецифическую резистентность организма [9, 10]. Показано, что наиболее выраженные изменения поведения и показателей неспецифической резистентности в ответ на действие слабых низкочастотных магнитных полей характерны для животных с низкой активностью в «открытом поле». В работах Темурьянц Н.А. и Грабовской Е.Г. [9, 11] обнаружено, что в условиях длительного воздействия ПеМП КНЧ у этих животных быстрее проявляются признаки развития адаптации, по сравнению с высокоактивными животными. Однако функциональные изменения, возникающие в разных структурах головного мозга животных в ответ на действие слабых переменных магнитных полей, изучены недостаточно. В связи с этим целью настоящего исследования была оценка влияния ПеМП КНЧ на корреляционные связи поведения животных в «открытом поле» с активностью метаболических процессов в разных структурах головного мозга.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования выполнены на 80 белых беспородных крысах-самцах в возрасте 5-7 месяцев, массой 180-250 г.

Индивидуально-типологические особенности животных оценивали в тесте «открытого поля». В настоящем исследовании "открытое поле" представляло собой площадку размером 90\*90 см<sup>2</sup>, расчерченную на квадраты и ограниченную барьером высотой 30 см. Во время опыта "открытое поле" равномерно освещали лампой накаливания мощностью 100 Вт, расположенной на высоте 100 см от уровня поля в центре площадки. Животное помещали на середину площадки и в течение 2-х минут регистрировали горизонтальную активность (ГА) по количеству пересеченных квадратов, вертикальную активность по количеству подъемов на задние лапы (ВА), а также груминг и уровень дефекации и урикации.

На основании данных двигательной активности животных составлялись следующие подгруппы: животные с низкой активностью (НА)(ГА=5÷22; ВА=2÷5), средней активностью (СА) (ГА=25÷32; ВА=7÷8) и высокой активностью (ВА) (ГА=36÷43; ВА=9÷12). При этом выделенные подгруппы животных характеризовались близким уровнем груминга и дефекации, различие между которыми носило недостоверный характер, поэтому эти параметры не учитывали при формировании подгрупп животных.

Импульсное (меандр) магнитное поле частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл создавали с помощью колец Гельмгольца. Генератором сигналов служил генератор Г6-28, позволяющий создавать магнитные поля отдельных установленных частот и амплитуд. Индукцию создаваемого ПеМП контролировали микротесламетром Г-79.

В данной серии исследований однократная экспозиция животных в переменном магнитном поле составила 3 часа. Выбор частоты ПемП обусловлен ее геофизической значимостью и биологической активностью.

По окончании экспозиции животных декапитировали, быстро извлекали головной мозг, препарировали разные структуры головного мозга, замораживали при  $-20^{\circ}\text{C}$  и использовали для получения гомогенатов на основе 0.05 М фосфатного буфера в соотношении 1 часть ткани и 10 частей буфера.

Активность процессов перекисного окисления липидов оценивали по реакции конечных продуктов свободно-радикального окисления с 2-тиобарбитуровой кислотой [12] в модификации [13]. Определение суммарных тиоловых групп проводили по их реакции с реактивом Элмана (5,5-дитиобис(2-нитробензойная) кислота ДТНБ) [14] в модификации [13]. Активность сукцинатдегидрогеназы (СДГ) определяли по методу [15], адаптированному к конкретным объемам гомогенатов тканей мозговых структур. Активность НАД-дегидрогеназ определяли по скорости восстановления гексацианоферрата калия [16]. Активность моноаминоксидазы (МАО) определяли по цветной реакции продуктов окислительного дезаминирования серотонина с 2,4-динитрофенилгидразином.

О достоверности различий между средними значениями показателей в разных экспериментальных группах судили по критерию Стьюдента.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В магнитобиологических исследованиях, в которых используются слабые воздействия, рекомендуется проводить эксперименты с ложным воздействием магнитного поля, что позволяет убедиться в отсутствии существенного влияния фоновых неконтролируемых факторов, которые невозможно учесть или устранить в эксперименте. В связи с этим в данной работе было специально проведено отдельное исследование с ложным воздействием магнитного поля, когда животные находились в кольцах Гельмгольца, но магнитное поле при этом не создавали. В этом исследовании анализировали ограниченное количество показателей, которые согласно литературным данным [17] являются наиболее показательными для изучения магнитобиологических эффектов на уровне головного мозга. В данном исследовании с ложным воздействием было показано, что, во-первых, тенденции связи величин метаболических параметров с уровнем активности животных в «открытом поле» удовлетворительно воспроизводятся, а, во-вторых, — значения исследуемых показателей в контрольных и экспериментальных группах и подгруппах животных достоверно не отличались. Эксперименты с ложной экспозицией, проводимые ранее другими исследователями, показали отсутствие достоверных отличий у животных разных групп при такой постановке эксперимента в подобных условиях для большого массива разных физиологических и метаболических показателей [18]. В связи с этим, нами было принято, что статистически достоверные изменения изучаемых показателей в экспериментальных группах животных, подвергаемых воздействию слабого ПемП заданных характеристик, не связано с влиянием неконтролируемых факторов на

животных и данные изменения являются объективным отражением реакции организма животных на действие предъявляемого слабого физического стимула

В Таблице 1 показаны изменения метаболических показателей в коре левого полушария животных с низкой, средней и высокой двигательной активностью при однократном действии ПеМП частотой 8 Гц индукцией 5 мкТл.

**Таблица 1.**  
**Влияние ПеМП на метаболические показатели в коре головного мозга белых крыс ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )**

Группа животных / Показатель	Низкая активность в "открытом поле"	Средняя ктивность в "открытом поле"	Высокая ктивность в "открытом поле"
<b>Кора левого полушария головного мозга</b>			
ТБКАП (нмоль/мг ткани)	0.513±0.058	0.342±0.021	0.337±0.031
Тиоловые группы (нмоль/мг ткани)	6.35 ±0.35	5.34 ±0.31	5.80 ±0.40
Активность СДГ (пмоль/мг*мин)	70.30±12.52	50.35±5.54	38.07±6.84
Активность НАДДГ (мкмоль/мг*мин)	69.13±9.36	58.90±8.21	60.15±5.71
Активность МАО (нмоль/мг*мин)	12.21±0.52	16.10±0.58	16.69±1.08
	13.59±1.04	16.30±0.49	16.42±1.21
Активность МАО (нмоль/мг*мин)	0.158±0.022	0.202±0.015	0.202±0.016
	0.163±0.023	0.201±0.008	0.190±0.021
<b>Кора правого полушария головного мозга</b>			
ТБКАП (нмоль/мг ткани)	0.463±0.050	0.264±0.025	0.284±0.020
Тиоловые группы (нмоль/мг ткани)	6.13 ±0.27	5.99 ±0.20	5.62 ±0.34
Активность СДГ (пмоль/мг*мин)	5.95±0.25	5.96±0.60	5.65±0.25
Активность НАДДГ (мкмоль/мг*мин)	64.38±8.35	40.82±5.33	47.44±7.55
Активность МАО (нмоль/мг*мин)	59.70±8.28	40.8±6.73	59.37±11.09
	13.79±0.28	15.96±0.68	17.73±0.25
	14.02±0.78	16.95±0.77	15.72±0.92
Активность МАО (нмоль/мг*мин)	0.144±0.008	0.223±0.023	0.221±0.009
	0.159±0.021	0.179±0.012	0.160±0.019

*Примечание:* для каждого исследуемого показателя верхние строки соответствуют контрольной группе животных, нижние – ложному воздействию магнитного поля.

Как видно, у животных с низкой двигательной активностью левое полушарие практически не было задействовано в реакцию на действие ПеМП. Ни один из показателей достоверно не отличался от таковых в контрольной группе животных.

Самые большие изменения в левом полушарии при однократном действии ПеМП были зарегистрированы у животных со средней и высокой активностью в «открытом поле». В группе среднеактивных животных в левом полушарии

происходил заметный рост содержания ТБКАП, тогда как у высокоактивных животных повышалась активность сукцинатдегидрогеназы. Следует отметить, что для остальных показателей достоверные изменения не зарегистрированы.

Несколько иной характер ответа на действие ПеМП имел место в правом полушарии. У животных с низкой активностью в «открытом поле» в ответ на действие магнитного поля происходило достоверное снижение содержания продуктов свободнорадикального окисления. Изменения остальных показателей носили недостоверный характер. Одновременно с этим у животных со средней двигательной активностью в ответ на действие ПеМП, также как и в левом полушарии, обнаружен рост содержания ТБКАП, но больший по величине. Такое увеличение содержания продуктов перекисного окисления липидов сопровождалось заметным снижением активности МАО (табл. 1). В группе животных с высокой активностью в «открытом поле» характер изменений в правом полушарии при действии ПеМП имел определенное сходство с таковыми в группе среднеактивных животных. Так же как и в левом полушарии, происходило достоверное повышение активности СДГ и снижалась активность МАО.

Подводя итог по результатам влияния ПеМП на исследуемые процессы в коре больших полушарий головного мозга животных, следует отметить, что в данной структуре головного мозга характер метаболических перестроек в ответ на действие ПеМП существенно зависел от индивидуально-типологических особенностей животных. Изменения изучаемых показателей более значимы у животных со средней и высокой активностью. При этом воздействие ПеМП на животных приводит к более существенным метаболическим сдвигам в правом полушарии, по сравнению с левым.

Анализ экспериментальных данных по влиянию ПеМП на функциональное состояние таламуса показал, что наибольшие сдвиги в функциональном состоянии этой структуры мозга обнаруживаются только у животных с низкой активностью в «открытом поле». Однако указанные изменения характеризуются только достоверным снижением уровня ТБКАП и не затрагивают остальные показатели. У животных со средней и высокой активностью в данной структуре достоверные изменения изучаемых метаболических показателей не обнаружены (табл. 2).

В гипоталамусе у животных с низкой активностью в «открытом поле» действие ПеМП вызывало значительное изменение метаболической ситуации (табл. 2). Это проявлялось в виде около 30%-ного увеличения содержания суммарных тиоловых групп и активности МАО. Эти сдвиги сопровождались незначительным увеличением уровня продуктов свободно-радикального окисления. Следует обратить внимание, что у животных со средней и высокой активностью в «открытом поле» в гипоталамусе не выявлено статистически значимых изменений.

Таким образом, если в коре больших полушарий действие ПеМП вызывало более выраженные метаболические сдвиги у животных со средней и высокой активностью, то в таламусе и, особенно, в гипоталамусе существенные перестройки метаболической ситуации были характерны для низкоактивных в "открытом поле" животных. Данные факты свидетельствуют о том, что у животных со средней и высокой активностью в ответе на действие ПеМП доминирует кора больших полушарий, тогда как у низкоактивных животных ведущую роль играет гипоталамус.

**Таблица 2.**  
**Влияние ПеМП на метаболические показатели в таламусе и гипоталамусе**  
**белых крыс ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ )**

Группа животных / Показатель	Низкая активность в "открытом поле"	Средняя активность в "открытом поле"	Высокая активность в "открытом поле"
<b>Таламус</b>			
ТБКАП (нмоль/мг ткани)	0.494±0.053	0.589±0.061	0.554±0.059
	0.389±0.086	0.570±0.078	0.555±0.034
Тиоловые группы (нмоль/мг ткани)	6.25 ±0.56	6.54 ±0.41	6.55 ±0.48
	6.62±0.63	5.86±0.31	6.81 ±0.52
Активность НАДДГ (мкмоль/мг*мин)	16.34±0.91	16.72±1.35	15.57±1.21
	15.18±0.29	16.89±1.36	14.32±0.31
Активность МАО (нмоль/мг*мин)	0.204±0.014	0.219±0.012	0.241±0.018
	0.213±0.020	0.194±0.014	0.229±0.017
<b>Гипоталамус</b>			
ТБКАП (нмоль/мг ткани)	0.176±0.011	0.203±0.011	0.224±0.011
	0.200±0.013	0.176±0.017	0.202±0.014
Тиоловые группы (нмоль/мг ткани)	4.62 ±0.28	5.60 ±0.53	6.31 ±0.54
	5.87±0.29	5.03±0.39	6.53±0.58
Активность НАДДГ (мкмоль/мг*мин)	20.14±0.51	21.49±0.60	21.76±0.43
	20.37±0.24	21.05±0.28	21.96±0.55
Активность МАО (нмоль/мг*мин)	0.205±0.016	0.230±0.024	0.270±0.018
	0.275±0.016	0.222±0.004	0.268±0.010

*Примечание:* для каждого исследуемого показателя верхние строки соответствуют контрольной группе животных, нижние – ложному воздействию магнитного поля.

Анализ экспериментальных данных по группе интактных животных свидетельствует о достаточно выраженной зависимости состояния метаболических процессов в коре больших полушарий и гипоталамусе от уровня активности животных в "открытом поле". Возникает закономерный вопрос о влиянии ПеМП на характер указанной зависимости. В Таблице 3 представлены коэффициенты корреляции метаболических показателей и уровня двигательной активности для интактных животных и повергшихся воздействию ПеМП. Корреляционный анализ вскрывает достаточно интересную особенность однократного действия ПеМП. Как видно, в коре как левого, так и правого полушария действие ПеМП снижало исходную корреляционную связь практически для всех метаболических показателей с показателями поведения животных, в частности с уровнем горизонтальной и вертикальной двигательной активности. В то же время, нарушение связей имело более глубокий характер в коре правого полушария (табл. 3, 4). Данный факт дополнительно свидетельствует о ведущей роли правого полушария в реакции ЦНС на действие ПеМП.

В таламусе при исходном отсутствии или очень низких уровнях связи метаболических показателей с горизонтальной двигательной активностью влияние ПеМП не приводило к заметной перестройке структуры связей. Исключение составляет

## МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

связь активности МАО с уровнем вертикальной активности животных. Действие ПеМП, так же как и в коре больших полушарий, ослабляло указанную зависимость.

**Таблица 3.**

**Влияние ПеМП на корреляционные связи метаболических показателей в головном мозге с уровнем горизонтальной двигательной активности животных в "открытом поле"**

		Кора лев. полушария	Кора прав. полушария	Таламус	Гипоталамус
ТБКАП	Контроль	<b>-0.605*</b>	<b>-0.587*</b>	0,055	<b>0.594*</b>
	ПеМП	-0,375	-0,136	0,258	0,092
Тиоловые группы	Контроль	-0,283	<b>-0.415*</b>	0,077	<b>0.577*</b>
	ПеМП	-0,286	-0,165	0,086	0,127
Активность СДГ	Контроль	<b>-0.421*</b>	<b>-0.480*</b>	-	-
	ПеМП	-0,276	-0,061	-	-
Активность НАДДГ	Контроль	<b>0.683*</b>	<b>0.671*</b>	-0,172	<b>0.490*</b>
	ПеМП	0,356	0,253	-0,207	<b>0.580*</b>
Активность МАО	Контроль	0,332	<b>0.640*</b>	0,338	<b>0.484*</b>
	ПеМП	0,158	-0,060	0,163	-0,167

*Примечания:* \* – достоверная оценка коэффициента корреляции ( $p < 0.05$ ).

**Таблица 4.**

**Влияние ПеМП на корреляционные связи метаболических показателей в головном мозге с уровнем вертикальной двигательной активности животных в "открытом поле"**

		Кора лев. полушария	Кора прав. полушария	Таламус	Гипоталамус
ТБКАП	Контроль	<b>-0.599*</b>	<b>-0.580*</b>	0,121	<b>0.536*</b>
	ПеМП	<b>-0.433*</b>	-0,295	0,280	0,127
Тиоловые группы	Контроль	-0,146	-0,343	0,201	<b>0.457*</b>
	ПеМП	-0,145	-0,042	0,161	0,352
Активность СДГ	Контроль	<b>-0.453*</b>	<b>-0.455*</b>	-	-
	ПеМП	-0,094	0,248	-	-
Активность НАДДГ	Контроль	<b>0.574*</b>	0,618*	-0,118	<b>0.406*</b>
	ПеМП	0,188	0,207	-0,130	0,335
Активность МАО	Контроль	0,300	<b>0.586*</b>	<b>0.487*</b>	0,382
	ПеМП	0,188	-0,107	0,058	-0,070

*Примечания:* \* – достоверная оценка коэффициента корреляции ( $p < 0.05$ ).

В гипоталамусе действие магнитного поля разрушало корреляционную зависимость между показателями активности животных в «открытом поле» и содержанием ТБКАП, суммарных тиоловых групп, а также активности МАО. При этом экспозиция животных в ПеМП приводила к незначительному усилению связи

активности NADH-дегидрогеназ с уровнем горизонтальной активности, но ослаблялась связь с показателями вертикальной активности.

### **ВЫВОДЫ**

1. В формировании поведения животных в новой обстановке важную роль играют метаболические звенья, которые тесным образом связаны с генетическими особенностями организма. Наиболее выраженные связи метаболических показателей с активностью животных в «открытом поле» имеют место в коре больших полушарий и гипоталамусе.
2. Ответ организма животных на действие ПеМП демонстрирует сильную зависимость от его индивидуально-типологических особенностей. У животных, характеризующихся средним и высоким уровнем активности в «открытом поле», в ответе на действие МП 8 Гц более активную роль играет кора больших полушарий, тогда как у животных с низкой активностью – таламус и гипоталамус. При этом общий характер изменений, вызванных действием ПеМП таков, что происходит, как правило, нивелирование исходных различий между разными индивидуально-типологическими группами.
3. В стереотипной реакции ЦНС на действие ПеМП важную роль играет межполушарная асимметрия, при этом доминирующая роль в системной реакции на действие указанного фактора принадлежит правому полушарию.

### **Список литературы**

1. Гуляева Н.В. Биохимические корреляты индивидуально-типологических особенностей поведения крыс / Н.В. Гуляева, М.Ю. Степаничев // Журн. высш. нерв. деят. – 1997. – Т. 47, № 2. – С. 329–338.
2. Симонов П.В. Избранные труды: Т.1. Проблема индивидуальных (типологических) различий / Симонов П.В. – М.: Наука. – 2004. – С. 226–288.
3. Lande Mapping Quantitative Trait Loci for Anxiety in Chromosome Substitution Strains of Mice / J.B. Singer, A.E. Hill, J.H. Nadeau [et al.] // Genetics. – 2005. – Vol. 169. – P. 855–862.
4. Van der Staay F.J. Genetic orrelations in validating emotionality / F.J. Van der Staay, S. Kerbusch, W. Raaijmakers // Behav. Genet.. – 1990. – Vol. 20. – P. 51–62.
5. DeFries J.C. Response to 20 generations of selection for open-field activity in mice / J.C. DeFries, J.P. Hegmann, R.A. Halcomb // Behav. Biol. – 1974. – Vol. 11. – P.481–495.
6. DeFries J.C. Open-field behavior in mice: Selection response and situational generality / J.C. DeFries, J.R. Wilson, G.E. McClearn // Behav. Genet. – 1970. – Vol. 1. – P.195–211.
7. Семагин В.Н. Тип нервной системы. Стрессоустойчивость и репродуктивная функция / Семагин В.Н., Зухарь А.В., Куликов М.А. – М.: Наука, 1988. – 133 с.
8. Перцов С.С. Чувствительность нейронов гипоталамуса крыс к мелатонину и ноадреналину / С.С. Перцов // Тезисы докладов Второй научной конференции "Эндокринная регуляция физиологических функций в норме и патологии», 15-17 октября 2002, Академгородок, Новосибирск, Россия. – С. 79.
9. Темурьянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений : автореферат ... докт. биол. наук / Н.А. Темурьянц – Москва, 1999. – 44 с.
10. Мартынюк В.С. У природы нет плохой погоды:космическая погода в нашей жизни / Мартынюк В.С. , Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М. – Киев, 2008. – 179 с.
11. Грабовская Е.Ю. Реакции крыс с различными индивидуальными особенностями двигательной активности на действие слабого переменного магнитного поля сверхнизкой частоты: автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.13 / Е.Ю. Грабовская– Симферополь, 1992. – 23 с.



12. Ohkaw H. Assay for Lipid Peroxides in Animal Tissues by Thiobarbituric Acid Reaction / H. Ohkaw, N. Ohishi, K. Yagi // *Analytical Biochem.* 1979. – V. 95. – P.351–358.
13. Мартынюк В.С. Влияние слабых переменных магнитных полей инфранизких частот на временную организацию физиологических процессов. Дис ... канд. биол. наук. / В.С. Мартынюк – Симферополь, 1992 – С. 41–42.
14. Веревкина И.В. Колориметрический метод определения SH-групп и –S-S связей в белках при помощи 5,5 – дитиобис (2-нитробензойной) кислоты / И.В. Веревкина, А.И. Точилкин, Н.А. Попова // *Современные методы в биохимии.* – М.: Медицина, 1977. – С. 223–231.
15. Кривченкова Р.С. Определение активности сукцинатдегидрогеназы в суспензии митохондрий / Кривченкова Р.С. // В кн.: "Современные методы в биохимии. – М.: Медицина, 1977. – С. 44.
16. Карузина И.И. Выделение микросомной фракции печени и характеристика ее окислительных систем / И.И. Карузина, А.И. Аргаков // В кн. «Современные методы в биохимии».– М.: Медицина, 1977. – С.57.
17. Мартынюк В.С. Вплив магнітних полів наднизької частоти на організм людини і тварин : дис. ... докт. біол. наук / В.С. Мартынюк – Київ, 2008. – 443 с.
18. Complex-spectrum magnetic environment enhances and/or modifies bioeffects of hypokinetic stress condition: An animal study / N.A. Temuriantz, V.S. Martinyuk, N.G. Ptitsyna [et al.] // *Advances in Space Research.* – 2007. – Vol. 40, № 11. – P. 1758–1763.

**Мартынюк В.С. Метаболічні кореляти поведінки тварин в умовах одноразового впливу магнітного поля наднизької частоти / В.С. Мартынюк, Р.І. Іслямов** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 65-73.

Досліджено вплив змінного магнітного поля (ЗМП) 8 Гц 5 мкТл на зв'язок поведінки тварин у «відкритому полі» з активністю метаболічних процесів у різних структурах головного мозку. Показано, що у формуванні поведінки тварин в новій обстановці важливу роль відіграють метаболічні ланки, яке тісно пов'язані з генетичними особливостями організму. Найбільш суттєві зв'язки метаболічних показників з активністю тварин у «відкритому полі» мають місце в корі великих півкуль і гіпоталамусі. Відповідь організму тварин на дію ЗМП залежить від його індивідуально-типологічних особливостей. У тварин, які характеризуються середнім і високим рівнем активності у «відкритому полі», у відповіді на дію МП 8 Гц більш активну роль грає кора великих півкуль, тоді як у тварин з низькою активністю – таламус і гіпоталамус. Загальний характер порушень зв'язків показників поведінки з метаболічними процесами характеризується нівелюванням вихідних відмінностей між різними індивідуально-типологічними групами. У стереотипній відповіді ЦНС на дію ЗМП важливу роль відіграє міжпівкульна асиметрія, при цьому домінуюча роль в системній реакції на дію зазначеного фактора належить правій півкулі.

**Ключові слова:** змінне магнітне поле, головний мозок, метаболічні кореляти поведінки.

**Martinyuk V.S. Metabolic correlates of behavior in animals upon single influence of extremely low frequency magnetic field / V.S. Martinyuk, R.I. Islyamov** // *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University.* – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 65-73.

The influence of the magnetic field of 8 Hz 5 microtesla on the relationship of animal behavior in the “open field” with the activity of metabolic processes in different brain structures was studied. It was shown that metabolic links are important in behavior of animals in the new environment. The most important connection of metabolic parameters with the activity of animals in the “open field” occur in the cerebral cortex and hypothalamus. The response of animal organism to the effect of alternating magnetic field depends on the individual-typological characteristics. In animals with middle and high level of activity in the “open field”, in response to MF 8 Hz the cerebral cortex played more active role, whereas in animals with low activity - the thalamus and the hypothalamus. The general nature of disorders of the relationships of behavior indices and metabolic processes is characterized by leveling the initial differences between different individual-typology groups. In the stereotypical response of CNS to the action of alternating magnetic field the hemispheric asymmetry plays an important role, with the dominant role of right hemisphere.

**Keywords:** alternating magnetic field, brain metabolic correlates of behavior.

*Поступила в редакцію 24.04.2010 г.*

**УДК 612.13+615.821**

## **ВЕСТИБУЛЯРНЫЕ РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНОСОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ИХ КОРРЕКЦИЯ У СПОРТСМЕНОВ**

*Мельниченко Е.В.<sup>1</sup>, Тарабрина Н.Ю.<sup>2</sup>, Пархоменко А.И.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

<sup>2</sup>*Крымский юридический институт НЮАУ им. Я.Мудрого, Симферополь, Украина*

<sup>3</sup>*Крымский медицинский университет им. С.И.Георгиевского, Симферополь, Украина*

*E-mail: tarabrina08@mail.ru*

У 30-ти единоборцев изучали влияние тонуса мышц рефлексогенных сосудистых зон на вегетативный статус организма при вестибулярных нагрузках (ВН). Показано, что ВН оказывает симпатикотонический эффект на показатели работы сердца, а предстартовое снижение тонуса мышц сегментов С3-Т8 изменяет вегетативный индекс Кердо в зону парасимпатикотонии ( $p < 0,001$ ) и оказывает отрицательный хронотропный эффект на миокард ( $p < 0,001$ ).

**Ключевые слова:** вестибулярная нагрузка, сердечно-сосудистая система, вегетативный индекс Кердо, мышечный тонус.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Управление функциональным состоянием спортсменов с целью повышения общей и специфической физической работоспособности невозможно без системного подхода, основанного на анализе индивидуального вегетативного профиля организма, который формирует типологические особенности адаптации к нагрузкам разной направленности и модальности.

Во многих видах спорта, в частности в единоборствах, вестибулярная нагрузка (ВН) является фоновой и неотъемлемой составляющей специфической двигательной деятельности спортсмена. Ее вклад в общий паттерн афферентаций различен, и зависит от технических особенностей вида спорта. По мере усложнения техники и координации движений, вестибулярный анализатор становится ведущим и определяет характер не только двигательной [1], но и вегетативной [2] адаптации к физической нагрузке у спортсменов.

Одной из специфических особенностей единоборств являются выраженные симпатикотонические реакции висцеральных систем при ВН [3]. Учитывая связи вестибулярного анализатора с гипоталамическими и мезэнцефальными структурами [4], ВН могут существенно усиливать адренэргические реакции кислородтранспортной и двигательной систем на физическую загрузку, что приводит к снижению физической работоспособности [5] т.к. чрезмерная симпатикотония в вегетативном контуре регуляций снижает экономичность и эффективность работы органов кислородного каскада и тканей исполнительных систем [1, 2].

Коррекция вегетативного статуса организма (в сторону снижения симпатикотонии или усиления парасимпатикотонии) позволяет восстановить баланс между отделами ВНС и оптимизировать адаптацию организма к физическим и вестибулярным нагрузкам. Многочисленными исследованиями показано, что у спортсменов высокой квалификации такая «природная коррекция» происходит в результате многолетних занятий спортом: у них наблюдается выраженная парасимпатикотония как в реакциях сердечно-сосудистой [1, 2] и респираторной систем [3], так и в паттерне текущей ЭЭГ [5] и когнитивной деятельности мозга [6] в покое и при ВН [5, 6]. Как полагают, организм спортсмена естественным путем «минимизирует» энерготраты, снижая эрготропные и усиливая трофотропные влияния ВНС. Такая приобретенная парасимпатикотония (или ваготония) является одним из основных тренировочных эффектов у высококвалифицированных выносливых спортсменов [4, 7, 8].

Известны и другие пути управления вегетативным статусом организма при помощи мио-висцеральных рефлексов [6, 9], в частности, прессорными [10, 11] и физиотерапевтическими [11] воздействиями на рефлексогенные зоны кардио-респираторной системы, повышающие аэробную работоспособность спортсменов [5, 9]. На этом основании большинство авторов сходятся во мнении, что существует зависимость между функциональным состоянием паравертебральных мезодермальных образований (в частности в области проекционных васкулярных зон) и вегетативным статусом организма [10, 11].

Учитывая эти факты можно полагать, что коррекция тонуса мышц в сегментах С<sub>3</sub>-Th<sub>8</sub>, являющихся кардио-респираторными проекциями Захарьина-Геда, минимизирует выраженность симпатикотонических влияний на вегетативный статус организма у спортсменов.

На основании изложенного, целью настоящей работы являлось изучение влияния активной миорелаксации в зоне С<sub>3</sub>-Th<sub>8</sub> на вегетативный индекс и показатели работы сердца у единоборцев.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В обследовании принимали участие 30 спортсменов - единоборцев (квалификация от 1 разряда до МСМК, в возраст 18-23 лет), с которыми было проведено две серии обследований. В первой серии (серия-1) юноши выполняли ВН на кресле Барани по методике Воячека [3]. Во второй серии обследований (серия-2) перед ВН юноши выполняли комплекс физических упражнений, направленных на активную тракционно – ротационную миорелаксацию (АТРМ) мышц сегментов С<sub>3</sub>-Th<sub>8</sub> (Заявка на изобретение № 200908521 от 13.08.2009. «Засіб звiщення координаційних здібностей у спортсменів в умовах вестибулярних навантажень») продолжительностью 10-15 минут. Эффект изменения тонуса паравертебральных мышц шейно-грудного отдела объективизировали измерением миотонуса до и после нагрузок в симметричных точках VG15-«я-мэнь», TR15-«тянь-ляо», V46-«гэ-гуань» при помощи электромиотонометра. В обеих сериях обследований до и после нагрузок (в серии-1 до и после ВН, а в серии-2 до и после комплекса АТРМ+ВН) с

помощью медицинского диагностического комплекса «Сфера-4» регистрировали ЧСС, АД (САД и ДАД) а также рассчитывали вегетативный индекс Кердо [7]:

$$ВИ=100*(1-ДАД/ЧСС),$$

где ВИ — Индекс Кердо (ед); ДАД — диастолическое артериальное давление (мм. рт. ст.); ЧСС — частота сердечных сокращений (уд./мин).

Проводили сравнительный анализ результатов, полученных в обследованиях серии-1 и серии-2 для выявления влияния предстартового комплекса АТРМ на вестибулярные реакции миокарда.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В серии-1 обследований у 30 единоборцев изучали показатели ЧСС, АД (САД и ДАД) и ВИ до и после ВН (табл. 1).

Как свидетельствуют данные Таблицы 1, ВИ Кердо в интактном состоянии составлял  $-29,9 \pm 4,0$  ед., что свидетельствует о выраженной парасимпатикотонии, которая характерна для «спортивного» вегетативного профиля у спортсменов высоких квалификаций [8]. ВН смещает значение ВИ Кердо до  $-11,5 \pm 3,6$  ед. ( $p < 0,001$ ), т.е. в сторону усиления симпатикотонии. Однако, при этом результирующий эффект, остается в границах нормотонии, что свидетельствует о высокой устойчивости вегетативных реакций в экспериментальной парадигме с ВН у единоборцев.

ЭКГ-анализ функциональных показателей работы сердца показал, что ВН оказывает выраженный положительный хронотропный эффект на ЧСС ( $p < 0,001$ ).

**Таблица 1.**  
**Динамика основных показателей электрической активности сердца при воздействии вестибулярной нагрузки ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )**

Показатели	До ВН	После ВН	$\Delta$ (ед.)	$\Delta\%$	P
ЧСС, уд.мин	$60,9 \pm 1,7$	$67,8 \pm 1,9$	$+6,8 \pm 0,7$	$11,4 \pm 1,1$	$< 0,001$
САД, мм.рт.ст.	$124,7 \pm 1,9$	$131,2 \pm 1,8$	$+6,4 \pm 0,3$	$5,2 \pm 0,3$	$< 0,001$
ДАД, мм.рт.ст.	$77,6 \pm 1,4$	$73,9 \pm 1,3$	$-3,7 \pm 0,6$	$-4,6 \pm 0,7$	$< 0,001$
ВИ, ед.	$-29,9 \pm 4,0$	$-11,5 \pm 3,6$	$+18,4 \pm 1,0$	$+61,5 \pm 4,6$	$< 0,001$

Таким образом, характер изменений показателей работы сердца отражает усиление симпатических влияний на кардио-васкулярную систему при ВН, что находит свое подтверждение в работах ряда авторов [1-3, 5].

В обследованиях серии-2 те же спортсмены перед ВН выполняли комплекс АТРМ, направленный на снижение тонуса паравerteбральных мышц в сосудистой рефлексогенной зоне шейно-грудного отдела позвоночника. По данным электромионометрии после АТРМ тонус мышц в точке VG15, TR15 и V46 снизился с  $2,6 \pm 0,3$  ед до  $1,9 \pm 0,2$  ед, с  $3,3 \pm 0,03$  ед до  $2,5 \pm 0,01$  ед., и  $4,1 \pm 0,04$  ед. до  $3,2 \pm 0,03$  ед. ( $p < 0,005$ ).

Следует отметить, что у единоборцев, в связи с характером тренировочных и соревновательных нагрузок, а также спортивными травмами, наблюдаются частые функциональные нарушения позвоночных двигательных сегментов в форме локальных мышечных гипертонусов (ЛМГ), нестабильности и дегенеративных изменений [11]. Как показали исследования, снижение мышечного тонуса после АТРМ существенно повлияло на характер адаптации сердечно-сосудистой системы (ССС) к ВН. Так, исходный ВИ Кердо снизился с  $-20,6 \pm 2,9$  ед. до  $-31,9 \pm 3,9$  ед. ( $p < 0,001$ ), т.е. в сторону выраженной парасимпатикотонии, что отразилось на показателях работы сердца в виде отрицательных хронотропных эффектов (табл. 2).

**Таблица 2.**

**Динамика основных показателей электрической активности сердца при воздействии комплексной нагрузки (АТРМ +ВН) ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )**

Показатели	До АТРМ +ВН	После АТРМ +ВН	$\Delta$ (ед.)	$\Delta\%$	P
ЧСС, уд/мин	$64,4 \pm 1,8$	$60,5 \pm 1,7$	$-3,9 \pm 0,7$	$-5,8 \pm 1,1$	$<0,001$
САД, мм.рт.ст.	$125,5 \pm 1,8$	$126,9 \pm 1,6$	$1,4 \pm 0,3$	$1,21 \pm 0,2$	$<0,05$
ДАД, мм.рт.ст.	$76,4 \pm 1,1$	$78,2 \pm 1,2$	$1,8 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,4$	$<0,001$
ВИ, ед.	$-20,6 \pm 2,9$	$-31,9 \pm 3,9$	$-11,3 \pm 2,0$	$54,9 \pm 7,1$	$<0,001$

Сравнительный анализ изменений показателей ЧСС, САД, ДАД и ВИ Кердо в серии-1 и серии-2 обследований, представленный на Рис.1, свидетельствует, что предстартовое выполнение АТРМ, изменяет вегетативный профиль иннервации ССС с доминирующей симпатикотонии на парасимпатикотонию при ВН. Вероятно, нормализация тонуса мышц (или снижение выраженности ЛМГ) манифестируется в минимизации отрицательных рефлекторных влияний дисбалансного проприоцептивного потока по мио-висцеральным проекциям на органы кардио-васкулярной системы.

Возникает вопрос о целесообразности применения АТРМ перед нагрузками, связанными с ВН, для повышения физической работоспособности спортсменов. Как известно, соревнования высокого уровня являются мощным стрессовым фактором, активирующим, прежде всего кортико-гипофизарно-адреналовую систему организма [8]. Предстартовая симпатикотония (в форме неадекватных состояний «предстартовой лихорадки») может усиливаться действием ВН, что снижает экономичность и эффективность работы ведущих систем, формирующих специфическую работоспособность спортсменов.

Повышение уровня парасимпатикотонии (или снижение симпатикотонии), как известно, способствует экономизации работы органов кислородтранспортной системы [1, 2, 5, 9] и, с учетом индивидуальных особенностей вида спорта и самого спортсмена, приводит к повышению физической работоспособности [5, 9, 10]. Можно полагать, что предстартовое выполнение АТРМ снизит риск дезадаптивной симпатикотонии и ее проявлений со стороны ССС в условиях ВН у единоборцев.

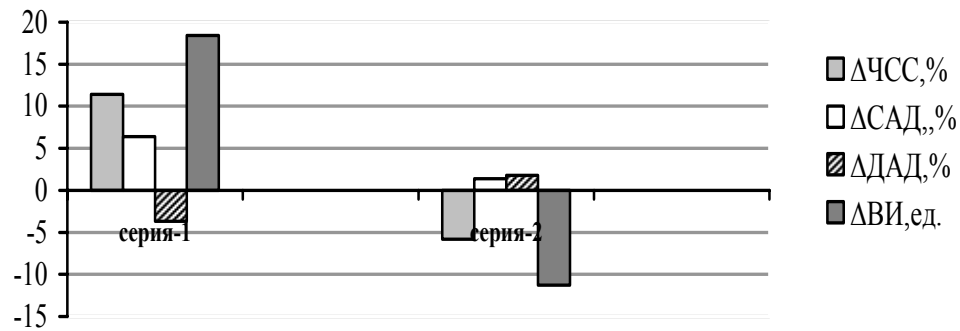


Рис.1. Сравнительный анализ изменений показателей работы сердца и вегетативного индекса Кердо в серии-1 и серии-2 обследований у единоборцев ( $\Delta$ ,%,ед;  $x \pm Sx, n=30$ ).

### ВЫВОДЫ

1. Вестибулярная нагрузка оказывает симпатикотонический эффект на регуляторные системы в форме изменения ВИ Кердо ( $p < 0,001$ ) и положительных хронотропных эффектов на работу сердца ( $p < 0,001$ ).
2. Предстартовое снижение тонуса мышц рефлексогенных зон сегментов  $C_3$ - $Th_8$  изменяет вестибуло-кардио-васкулярные реакции в сторону парасимпатикотонии в форме снижения ВИ Кердо ( $p < 0,001$ ) и проявления отрицательных хронотропных эффектов на миокард после ВН ( $p < 0,001$ ).
3. Тонус мышц сосудистых рефлексогенных зон (сегментов  $C_3$ - $Th_8$ ) влияет на профиль вегетативных регуляций, формирующий адаптацию сердечно-сосудистой системы к вестибулярным нагрузкам.

### Список литературы

1. Высочин Ю.В. Активная миорелаксация и саморегуляция в спорте / Высочин Ю.В. // Л.: СПб ГАФК им. П.Ф. Лесгафт. –1997. – 85 с.
2. Горбачева Ф.Е. О шейном головокружении / Ф.Е. Горбачева, Л.А. Матвеева, М.Ю. Чучин // Русский медицинский журнал. – 2004. – №10. – С.578–581.
3. Иваничев Г.А. Болезненные мышечные уплотнения / Иваничев Г.А. – Казань, 1991. – 158 с.
4. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. – М.: ФиС, 1988. – 208 с.
5. Карпман В.Л. Динамика кровообращения у спортсменов / В.Л. Карпман, Б.Г. Любина – М. ФиС., 1982. – 178 с.
6. Кирьяланис П. Реакция сердечно – сосудистой системы на раздражение вестибулярного аппарата у представителей спортивной гимнастики / П. Кирьяланис, К. Лапаридис, Н. Софиадис // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 6. – С . 20–24.
7. Теплов С.И. Нейрогенная регуляция кровоснабжения сердца и головного мозга / Теплов С.И. – Л., 1980. – 226 с.
8. Хуснуллина И.Р. Влияние вестибулярной нагрузки на сердечно-сосудистую систему и двигательные реакции детей и подростков, занимающихся прыжками на лыжах с трамплина: дисс. кандидата биол. наук / И.Р. Хуснуллина – Казань, 2008. – 47 с.
9. Курашвили А.Е., Бабияк В.И. Некоторые вопросы физиологии вестибулярного аппарата.- Вест,оторингалоги,1973,№2,с.3-10.

10. Электрокардиографические и гемодинамические реакции у спортсменов при тракции мезодермальных образований C<sub>3</sub>-T<sub>8</sub> / Е.В. Мельниченко, А.М. Ефименко, Н.П. Мишин [et al.] // Сб. науч. труд. «Вопросы физической культуры, спорта, рекреации», Симферополь – 2007. – Т.3. – С. 60–64.
11. Сышко Д.В. Вестибулярные реакции у спортсменов: [Монография] / Д.В. Сышко – Симферополь: Феникс, 2005. – 248 с.

**Мельниченко О.В. Вестибулярні реакції серцево-судинної системи та їх корекція у спортсменів / О.В. Мельниченко, Н.Ю. Тарабрїна, А.І. Пархоменко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 74-79.**

У 30 єдиноборців вивчали вплив тонуса м'язів рефлексогенних судинних зон на вегетативний статус організму при вестибулярних навантаженнях (ВН). Показано, що ВН оказує симпатикотонічний ефект на показники роботи серця, а передстартове зниження тонуса м'язів C<sub>3</sub>-T<sub>8</sub> змінює вегетативний індекс Кердо в зону парасіпатикотонії ( $p < 0,001$ ) і показує негативний хронотропний ефект на міокард ( $p < 0,001$ ).

**Ключові слова:** серцево-судинна система, вестибулярне навантаження, вегетативний індекс Кердо, м'язовий тонуc.

**Melnichenko E.V. For the vestibular reactions of the cardiovascular system and their correction for sportsman / E.V. Melnichenko, N.Yu. Tarabrina, A.I. Parkhomenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 74-79.**

The 30 wrestlers were studied on the subject of toning reflexogenic vascular areas of C<sub>3</sub>-T<sub>8</sub> segments on the vegetative status with vestibular loads (VN). It is shown that VN provides simpaticotonus effect at indicators heart rate, a pre-start reduction of the muscle tone segments C<sub>3</sub>-T<sub>8</sub> vegetative index Kerdo in area parasimpaticotonus ( $p < 0,001$ ) provides negative chronotropic effect on the myocardium.

**Keywords:** cardiovascular system, vestibular loading, muscles tone, index Kerdo.

*Поступила в редакцію 24.03.2010 з.*

**УДК: 612.2: 612.766.1**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ $P_{ACO_2}$ ВО ВРЕМЯ ИНТЕНСИВНОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Найдич С.И.*

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

Изучались функции внешнего дыхания у спортсменов высокой и низкой квалификации во время работы на велоэргометре до полного утомления. Выявлено, что достоверным прогностическим параметром функционального состояния внешнего дыхания и аэробных возможностей человека является величина  $P_{ACO_2}$  — чем больше возрастает  $P_{ACO_2}$  при стандартной нагрузке или чем позже он снижается при максимальной нагрузке, тем выше уровень работоспособности и аэробных возможностей организма человека.

**Ключевые слова:** мышечная деятельность, работоспособность, внешнее дыхание.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, одной из основных физиологических систем организма, определяющих уровень его работоспособности, является дыхательная система [1, 2]. Поэтому, изучение функций внешнего дыхания во время мышечной деятельности является актуальным вопросом спортивной практики.

Изменения внешнего дыхания при мышечной деятельности различной интенсивности детально проанализированы в целом ряде изданий по физиологии труда и спорта, однако изучалась в основном взаимосвязь внешнего дыхания с процессом обеспечения организма кислородом [3-5], а процесс накопления и выведения метаболической углекислоты исследовалось недостаточно [6, 7]. С целью получения новых экспериментальных данных по данной тематике и были проведены настоящие исследования.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследованиях принимали участие спортсмены-велосипедисты низкой (16 человек) и высокой (16 человек) квалификаций. Они выполняли работу на велоэргометре ВЭ-02 со ступенчато-возрастающей (каждая ступенька 3 минуты) мощностью до полного утомления. В конце подсчитывался общий объем выполненной работы. В ходе работы определялась частота сердечных сокращений (ЧСС). На 3-й и 20-й минутах восстановления определяли показатели кислотно-основного состояния (КОС) крови в капиллярной крови методом эквивалентности на микроанализаторе ОР-210/3. По номограмме находили напряжение углекислого газа в крови ( $pCO_2$ ), количество буферных оснований (ВВ), концентрацию нелетучих



кислот (BE), общее количество химически связанного и физически растворенного углекислого газа ( $tCO_2$ ).

Во всех обследованиях функции внешнего дыхания изучались в открытой системе методом Дугласа-Холдена. С помощью химического газоанализатора определяли концентрацию  $CO_2$  и  $O_2$  в выдыхаемом и альвеолярном воздухе. По общепринятой методике рассчитывали потребление кислорода, выделение углекислого газа, дыхательный коэффициент, парциальное давление углекислого газа и кислорода в альвеолярном воздухе, кислородный пульс. Дыхательные объемы приводились к альвеолярным условиям (BTPS), а показатели газообмена — к условиям стандартной атмосферы (STPD).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Напряженная мышечная деятельность приводила к значительным функциональным сдвигам в организме испытуемых. Частота дыхания увеличивалась до  $46,6 \pm 1,8$  ц/мин ( $p < 0,001$ ), а легочная вентиляция — до  $122,8 \pm 2,2$  л/мин ( $p < 0,001$ ). Вследствие этого потребление кислорода возрастало до  $4,07 \pm 0,18$  л/мин ( $p < 0,001$ ), а выделение углекислого газа — до  $3,89 \pm 0,16$  л/мин ( $p < 0,001$ ). Дыхательный коэффициент при этом повышался с  $0,819 \pm 0,005$  до  $0,955 \pm 0,01$  отн.ед. ( $p < 0,001$ ). Частота сердечных сокращений возрастала до  $190,7 \pm 1,2$  уд/мин ( $p < 0,001$ ). Сдвиги кислотно-основного состояния крови характеризовались снижением pH до  $7,090 \pm 0,001$  усл.ед. ( $p < 0,001$ ), накоплением нелетучих кислот до  $20,1 \pm 0,6$  ммоль/л ( $p < 0,001$ ), и снижением  $pCO_2$  капиллярной крови до  $42,8 \pm 0,8$  гПа ( $p < 0,001$ ).

Полученные результаты показывают, что при максимальной нагрузке во время работы на велоэргометре наблюдалась гипервентиляция легких, свидетельствующая о возникновении функциональной недостаточности внешнего дыхания организма спортсменов. Одновременно с этим отмечалось значительное снижение  $P_{aCO_2}$ , указывающее на «вымывание» метаболической углекислоты из организма, что согласуется с данными ряда исследователей [6, 7]. Наблюдение за изменением  $P_{aCO_2}$ , во время работы на велоэргометре выявило его характерные особенности (рис. 1).

Полученные данные свидетельствуют о том, что в начале мышечной деятельности возрастает содержание углекислого газа в организме, так как усиление окислительных реакций сопровождается ростом продукции  $CO_2$ . При максимальных нагрузках одновременно с развитием гипервентиляции легких отмечалось значительное снижение  $P_{aCO_2}$ , свидетельствуя о «вымывании» метаболической углекислоты, поскольку величина парциального давления  $CO_2$  в альвеолярном воздухе отображает уровень углекислоты в организме. Проведенный корреляционный анализ показал, что уменьшение эндогенного  $CO_2$  является одним из параметров, определяющих уровень физической работоспособности человека во время интенсивной мышечной работы, поскольку  $P_{aCO_2}$  при максимальной нагрузке достоверно коррелирует с величиной максимального потребления кислорода ( $r = 0,693$ ,  $p < 0,01$ ), кислородным пульсом ( $r = 0,789$ ,  $p < 0,01$ ) и объемом выполненной работы ( $r = 0,724$ ,  $p < 0,01$ ). По-видимому, лимитирующая роль эндогенного  $CO_2$  заключается в снижении регуляторного воздействия углекислоты

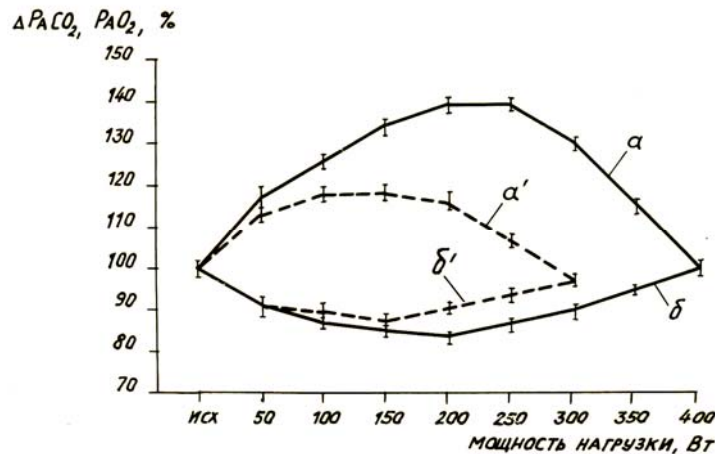


Рис. 1. Динамика  $PACO_2$  (а, а') и  $PAO_2$  (б, б') в % от исходного уровня у спортсменов высокой (сплошная линия) и низкой (пунктирная линия) квалификации во время работы на велоэргометре.

на дыхание и кровообращение [5, 8], изменении процесса диссоциации оксигемоглобина [9], уменьшении бикарбонатной буферной емкости крови [7, 10]. В наших исследованиях у спортсменов высокой квалификации, характеризующихся большим увеличением  $PACO_2$  и его снижением при более высокой мощности нагрузки, объем выполненной работы был на 24,2% больше ( $p < 0,01$ ), чем у малотренированных лиц. Кроме того, была выявлена отрицательная корреляционная взаимосвязь ( $r = -0,870$ ,  $p < 0,01$ ) между величиной прироста альвеолярной вентиляции и уровнем падения напряжения  $CO_2$  в альвеолярном воздухе, что свидетельствует о более эффективном газообмене спортсменов высокой квалификации. При этом у спортсменов высокой квалификации наряду с более высокими значениями  $PACO_2$  и альвеолярной вентиляции отмечались и более низкие величины  $PAO_2$ , характеризующая лучшую оксигенацию артериальной крови спортсменов. В то же время наблюдалась и достоверная корреляция динамики  $PACO_2$  у спортсменов высокой квалификации с величинами количества буферных оснований (ВВ) и концентрацией нелетучих кислот (ВЕ).

Таким образом, аэробные возможности человека при интенсивных физических упражнениях связаны с уровнем элиминации  $CO_2$  о чем свидетельствует падение напряжения  $CO_2$  в альвеолярном воздухе и артериальной крови.

### ВЫВОДЫ

1. Определение  $PACO_2$  в процессе выполнения физических упражнений является важным прогностическим параметром функционального состояния системы внешнего дыхания и аэробных возможностей человека.
2. Величину парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе можно использовать как метод определения функционального состояния

системы внешнего дыхания и отбора лиц с высокими аэробными возможностями, регистрируя значения P<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> до и после физической нагрузки. Чем больше возрастает P<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> при стандартной нагрузке или чем позже он снижается при максимальной нагрузке, тем выше уровень работоспособности и аэробных возможностей организма человека.

### Список литературы

1. Михайлов В.В. Дыхание спортсмена / Михайлов В.В. – М.: ФИС, 1983. – 103 с.
2. Евгеньева Л.Я. Дыхание / Евгеньева Л.Я. – Киев: Здоровье, 1974. – 102 с.
3. Коц Я.М. Физиология мышечной деятельности / Коц Я.М. – М., ФИС, 1982. – 347 с.
4. Борилкевич В.Е. Физическая работоспособность в экстремальных условиях мышечной деятельности / Борилкевич В.Е. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. – 10 с.
5. Агаджанян Н.А. Функции организма в условиях гипероксии и гиперкапнии / Н.А. Агаджанян, А.И. Елфимов – М.: Медицина, 1986. – 272 с.
6. Ханларова Т.А. Об особенностях баланса CO<sub>2</sub> при физической нагрузке у здоровых нетренированных людей / Т.А. Ханларова // Физиология человека. – 1983. – №1. – С. 103–107.
7. Красников Н.П. Значение газообменной функции легких и кислотно-основного состояния крови в механизме повышения работоспособности и развития мышечного утомления : автореф. дисс. док. биол. наук / Н.П. Красников – М., 1995. – 37 с.
8. Маршак М.Е. Физиологическое значение углекислоты / Маршак М.Е. – М.: Медицина, 1969. – 143 с.
9. Иржак Л.И. Гемоглобин и его свойства / Иржак Л.И. – М.: Наука. 1975. – 240 с.
10. Gollnick P.D. Biochemical adaptation to exercise: anaerobic metabolism / P.D. Gollnick, L. Hermansen // Exercise and Sports Sciences Reviews New York. – 1973. – vol.1. – P. 1–43.

**Найдич С.І.** Дослідження динаміки P<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> під час інтенсивних фізичних вправ / С.І. Найдич // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 80-83.

Досліджувались функції зовнішнього дихання у спортсменів високої та низької кваліфікації під час роботи на велоергометрі до повної втоми. Виявлено, що аеробні можливості людини під час інтенсивних фізичних вправ залежать від рівня елімінації CO<sub>2</sub> та зменшення загальної кількості вуглекислоти в організмі людини, про що свідчить падіння напруги CO<sub>2</sub> в альвеолярному повітрі та артеріальній крові. Достовірним прогностичним параметром функціонального стану зовнішнього дихання та аеробних можливостей людини є величина P<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> — чим вона більша під час стандартної навантаження або чим пізніше вона знижується під час максимальної навантаження, тим вище рівень працездатності та аеробних можливостей людини.

**Ключові слова:** м'язова діяльність, працездатність, зовнішнє дихання

**Naidych S.I.** Research of dynamics P<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> during intensive muscular activity / S.I. Naidych // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 80-83.

The research was carried out on the exterior breathing functions of high and low qualified sportsmen during their work on the cycle-ergometer up to gull fatigue. It was revealed that in intensive physical exercise the human aerobic capability depends on the elimination of CO<sub>2</sub> and lowering of the general quantity of carbon dioxide level in the body, that is understood from the carbon dioxide level in the alveolar air and arterial blood getting low. The verified prognostic parameter of the functional condition of the exterior breathing and human aerobic capability is P<sub>A</sub>CO<sub>2</sub>. The higher is P<sub>A</sub>CO<sub>2</sub> under standard work, or the later it decreases under maximum work, the higher is the level of work capacity and aerobic capability of the human body.

**Keywords:** muscle's activity, work capacity, exterior breathing.

*Поступила в редакцію 13.04.2010 г.*

**УДК 577.112.4:598/599**

**ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИИ  
БЕЛКОВ И УРОВНЯ МОЛЕКУЛ СРЕДНЕЙ МАССЫ У БОЛЬНЫХ С  
НАДПОЧЕЧНИКОВОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ, СОПРОВОЖДАЮЩЕЙСЯ  
ГИПЕРИНСУЛИНИЕЙ**

*Никольская В.А.*

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

У больных с надпочечниковой недостаточностью гиперинсулинемия приводит к повышению показателя окислительной модификации белков в сыворотке крови и уровня молекул средней массы как в сыворотке, так и в гемолизате эритроцитов крови. На основании полученных данных предложено использование определения молекул средней массы в гемолизате эритроцитов в качестве дополнительного биохимического критерия прогнозирования развития гиперинсулинемии у больных с надпочечниковой недостаточностью.

**Ключевые слова:** гиперинсулинемия, надпочечниковая недостаточность, окислительная модификация белков, молекулы средней массы.

**ВВЕДЕНИЕ**

В патогенезе надпочечниковой недостаточности вследствие нарушения синтеза контринсулярных гормонов развивается эпичная гиперинсулинемия. Развитие данного процесса формирует клинически выраженное нарушение углеводного обмена [1-5]. Изменения, связанные с гиперинсулинемией могут являться фактором повреждающего воздействия на различные структуры организма, в том числе и эритроциты крови. Несмотря на отсутствие ряда метаболических систем, эритроциты крови не являются инертными структурами [6-14]. Парадоксальным является тот факт, что эти клетки, важнейшая функция которых заключается в переносе кислорода для нужд других тканей, сами используют для выработки энергии только анаэробные механизмы утилизации глюкозы [15].

Гиперинсулинемия способна активировать окислительные процессы и приводить к окислительной модификации аминокислот, вызывая деградацию белков интактных клеток и интрацеллюлярных органелл, к разрушению структуры мембран клеток [16-19]. Основными токсическими субстратами, ответственными за возникновение стадии аутоагрессии эндотоксикоза могут стать продукты клеточной дезорганизации, неполного распада, то есть молекулы средней массы [20, 21]. Большое количество работ посвящено изучению влияния гиперинсулинемии на отдельные биохимические показатели сыворотки крови [9-14], однако, следует отметить, что влияние повышенного содержания инсулина на показатели процесса

окислительной модификации белков и содержание молекул средней массы в эритроцитах крови больных не изучалось.

Целью работы явилось исследование влияния гиперинсулинемии на показатели окислительной модификации и уровень молекул средней массы эритроцитов крови больных с надпочечниковой недостаточностью.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служила сыворотка крови и гемолизат эритроцитов больных с надпочечниковой недостаточностью и группы практически здоровых людей. Забор крови осуществлялся утром натощак с 9 до 11 часов у 10 здоровых лиц и у 10 больных с надпочечниковой недостаточностью из локтевой вены. Для получения сыворотки антикоагулянт не добавляли, кровь центрифугировали 15 мин при 3000 об/мин на клинической центрифуге через 20 мин после забора крови [22]. Для получения плазмы крови, а в дальнейшем гемолизата эритроцитов, использовали антикоагулянт (этилендиаминтетрауксусная кислота или ее динатриевая соль (ЭДТА) и гепарин), для предохранения крови от свертывания. Гемолизированную сыворотку не использовали для анализа, так как при гемолизе искажаются результаты определения [23].

Гемолизат эритроцитов получали по методу Драбкина [24]. Для определения окислительной модификации белков сыворотки крови и гемолизата эритроцитов крови использовали метод Дубининой Е.Е. и др. [25-26]. Оптическую плотность образовавшихся динитрофенилгидразонов регистрировали при длинах волн: 346 и 370 нм (альдегидные и кетонные продукты окислительной модификации нейтрального характера), а также при 430 нм и 530 нм (альдегидные и кетонные продукты окислительной модификации основного характера). Степень окислительной модификации белков выражали в единицах оптической плотности, отнесенных на 1 мл биологического материала (е.о.п./мл). Содержание молекул средней массы в гемолизате эритроцитов определяли по методу Габриэлян Н.И. и др. [20, 21].

Оценка достоверности различий между данными, полученными в результате исследования, проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты позволяют судить о достоверном характере изменений продуктов окислительной модификации белков в сыворотке крови больных с надпочечниковой недостаточностью. Так содержание динитрофенилгидразонов, относящихся к альдегидо- и кетонпроизводным нейтрального характера (длины волн регистрации 356, 370 нм), увеличивается 42 %-44 %, а альдегидо- и кетонпроизводных основного характера в 2 раза (длины волн регистрации 430 нм и при 530 нм) по сравнению с контрольной группой.

Следует отметить, что данный показатель в гемолизате эритроцитов у группы больных с надпочечниковой недостаточностью остается без изменений по сравнению с контрольной группой.

**Таблица 1.**  
**Уровень продуктов перекисного окисления белков в сыворотке крови больных с надпочечниковой недостаточностью, ед. оп. пл./мл ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )**

Исследуемые группы	Длины волн регистрации			
	$\lambda = 356$ нм	$\lambda = 370$ нм	$\lambda = 430$ нм	$\lambda = 530$ нм
Практически здоровые лица (n=10)	4,91±0,23	4,86±0,21	2,06±0,15	0,55±0,09
Больные с надпочечниковой недостаточностью (n=10)	6,99±0,31*	6,93±0,29*	3,05±0,13*	1,08±0,05*

Примечание: \* – различия достоверны по сравнению с контрольной группой (p<0,01).

**Таблица 2.**  
**Уровень продуктов перекисного окисления белков в гемолизате эритроцитов крови больных с надпочечниковой недостаточностью, ед. оп. пл./мл ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )**

Исследуемые группы	Длины волн регистрации			
	$\lambda = 356$ нм	$\lambda = 370$ нм	$\lambda = 430$ нм	$\lambda = 530$ нм
Практически здоровые лица (n=10)	6,69±0,56	6,50±0,51	2,90±0,28	0,91±0,27
Больные с надпочечниковой недостаточностью (n=10)	6,89±0,57	6,98±0,51	2,92±0,34	1,01±0,15

Отмечена одинаковая закономерность в распределении окисленных форм белков в сыворотке крови и гемолизате эритроцитов крови у больных с надпочечниковой недостаточностью и у практически здоровых лиц: суммарное содержание продуктов окислительной модификации нейтрального характера ( $\lambda$  регистрации 356 и 370 нм) превышает в 3,4-3,7 раза содержание продуктов основного характера ( $\lambda$  регистрации 430 и 530 нм).

Полученные данные свидетельствуют о том, что окислительная деструкция белков в сыворотке является физиологическим процессом, наблюдающимся как у здоровых, так и у больных с той лишь разницей, что у вторых этот процесс протекает более активно, о чем свидетельствуют достоверные различия в содержании окисленных продуктов.

Результаты изучения содержания молекул средней массы (МСМ) в сыворотке крови и гемолизате эритроцитов крови больных с надпочечниковой

недостаточностью представлены в Таблице 3.

**Таблица 3.**  
**Содержание молекул средней массы у больных с надпочечниковой**  
**недостаточностью, ед.опт.пл. ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )**

Исследуемые группы	Исследуемый материал	
	Сыворотка крови	Гемолизат эритроцитов
Практически здоровые лица (n=10)	0,287±0,012	0,480±0,022
Больные с надпочечниковой недостаточностью (n=10)	0,421±0,016 *	0,676±0,029 *

*Примечание:* \* – различия достоверны по сравнению с контрольной группой (p<0,01).

Как показали результаты исследования, у больных с надпочечниковой недостаточностью наблюдается достоверное увеличение содержания молекул средней массы на 46 % в сыворотке крови и на 40,8 % – в гемолизате эритроцитов по сравнению с контрольной группой. Основная причина накопления МСМ в сыворотке крови связана с усиленным образованием МСМ за счёт появления избыточного количества деформированных белковых метаболитов и продуктов, имеющих в своём составе углеводные компоненты [27-30]. Увеличение концентрации молекул средней массы в биологических жидкостях наблюдается при патологических состояниях, сопровождающихся эндогенной интоксикацией [28, 29]. Многие авторы считают среднемолекулярные олигопептиды основным биохимическим маркёром, отражающим уровень патологического белкового метаболизма [27]. Молекулы средней массы могут быть близки по строению к регуляторным пептидам и оказывать влияние на жизнедеятельность всех органов и систем, способны соединяться с рецепторами на любой клетке и блокировать их [27].

Поскольку в литературе имеются данные, свидетельствующие о том, что при гиперинсулинемии подвергаются посттрансляционной модификации белки эритроцитов [31], можно предположить, что изменение уровня МСМ в эритроцитах крови больных является одним из механизмов регуляции процессов компенсаторной реакции в ответ на гиперинсулинемию или служить проявлением их антиоксидантного действия [27, 31]. Неоднозначный характер изменений продуктов окислительной модификации белков в эритроцитах крови больных, может указывать на то, что объектом регуляции является процесс окислительной модификации белков. Однако, какой из изученных параметров является ведущим в регуляции изменений метаболического состояния эритроцитов предстоит определить.

Полученные данные свидетельствуют о том, что определение уровня молекул средней массы в гемолизате эритроцитов крови может служить дополнительным диагностическим критерием прогнозирования развития гиперинсулинемии.

### ВЫВОДЫ

1. У больных с надпочечниковой недостаточностью увеличивается содержание продуктов окислительной модификации белков в сыворотке крови на 42 %-50 % по сравнению с контрольной группой.
2. В сыворотке крови и гемолизате эритроцитов больных с надпочечниковой недостаточностью наблюдается повышение уровня молекул средней массы на 46 % и 40 % соответственно по сравнению с контрольной группой.

### Список литературы

1. Ефимов А.С. Эндокринология / А.С. Ефимов, П.Н. Боднар, Б.А. Зелинский – К.: Вища школа, 1983. – С. 171–173.
2. Ефимов А.С. Неотложная эндокринология / Ефимов А.С., Комисаренко И.В., Скробонская Н.А. – М.: Медицина, 1982. – 36 с.
3. Теппермен Дж. Физиология обмена веществ и эндокринной системы. Вводный курс / Дж. Теппермен, Х. Теппермен; пер. с англ. В. И. Кандрора – М.: Мир, 1989. – 656 с.
4. Дедов И.И. Эндокринология / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, В.В. Фадеев– Москва: ГЭОТАР–Медиа, 2007. – С.177–220.
5. Ангельски С. Клиническая биохимия / С. Ангельски, З. Якубовки, Г. Доминичак– Сопот, 1988. – С. 135–158.
6. Данн М.Дж. Почечная эндокринология / Данн М.Дж. – Москва: Медицина, 1987. – 667 с.
7. Гроллман А. Клиническая эндокринология и ее физиологические основы / Артур Гроллман, пер. с англ. И.А. Эскин. – Москва: Медицина, 1989. – 338 с.
8. Лавина Н. Эндокринология / Нил Стивенсон Лавина, пер. с англ. док. мед. наук В.И. Кандрора . – Москва: Практика, 1999. – С. 683–701.
9. Зимин Ю.В. Происхождение, диагностическая концепция и клиническое значение синдрома инсулинорезистентности или метаболического синдрома Х / Ю.В. Зимин // Кардиология. – 1998. – №6. – С. 71–81.
10. Lind L. Decreased peripheral blood flow in the pathogenesis of the metabolic syndrome comprising hypertension, hyperlipidemia and hyperinsulinemia / L.Lind, H Lithell. // Am. Heart J. – 1993. – V.125. – P. 1494 – 1497.
11. Scherrer U. Insulin as a vascular and sympathoexcitatory hormone. Implications for blood pressure regulation, insulin sensitivity, and cardiovascular morbidity / U. Scherrer, C. Sartori // Circulation. – 1997. – V. 96. – P. 4104–4113.
12. DeFronzo R.A. Glucose clamp technique: a method for quantifying insulin secretion and resistance / R.A. DeFronzo, J. Tobin, R. Andres // Am. J. Physiol. – 1979. – V. 237. – P.214–223.
13. Understanding "insulin resistance": both glucose resistance and insulin resistance are required to model human diabetes / A.S. Rudenski, D.R. Matthews, J.C. Levy [et al.] // Metabolism. – 1991. – V. 40. – P. 908–917.
14. Fasting insulin levels and coronary risk factors in randomly selected adult population in Mexico City / C. Posadas–Romero, J. Zamora–Gonzalez, L. Yamamoto [et al.] // XII World Congress of Cardiology and XVI Congress of the European Society of Cardiology. – September, 10–14, 1994, Berlin, Germany. CD Conifer Information System: A 64. – P. 292.
15. Марри Р. Биохимия человека. Т. 2 / Марри Р., Греннер Д., Мейес П., Родуэлл В., пер. с англ. М. Д. Гроздовой. – Москва: МИР, 1993. – 415 с.
16. Зенков Н. К. Окислительный стресс: Биохимический и патофизиологический аспекты / Зенков Н. К., Ланкин В. З., Меньшикова Е. Б. – М.: МАИК, 2001. – 343 с.



17. Зайцев В. Г. Активные формы кислорода (синопсис) / В. Г. Зайцев // Успехи современной биологии. – 2004. – Вып. 2. – С. 69 – 75.
18. Болдарев А. Свободные радикалы в нормальном и ишемическом мозге / Александр Болдарев, Михаил Куклей // Нейрохимия. – 1996. – №13. – С. 271 – 278.
19. Кутлубаев М. А. Свободнорадикальное окисление и его регуляция психотропными препаратами в условиях хронического стресса (клинико–экспериментальное исследование): автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: спец. 14.00.16 «Патологическая физиология» / М. А. Кутлубаев. – Омск, 2007. – 22 с.
20. Скрининговый метод определения средних молекул в биологических жидкостях. Метод. рекомендации / Н.И. Габриэлян, Э.Р.Левицкий, Дмитриев А.А. [и др.] – М., 1985. – 18 с.
21. Гаврилов В.Б., Лобко Н.Ф., Конев С.В. Определение тирозин- и триптофансодержащих пептидов в плазме крови по поглощению в УФ–области спектра / В.Б. Гаврилов, Н.Ф. Лобко, С.В. Конев //Клин. лаб. диагн. – 2004. – Вып.3. – С. 12 – 16.
22. Базарнова М.А. Руководство по клинической лабораторной диагностике / М.А. Базарнова, В.Т. Морозова. – Киев: Вища школа, 1986. – 175 с.
23. Горячковский А.М. Клиническая биохимия / Горячковский А.М. – Одесса: Астропринт, 2004. – С. 287 – 325.
24. Drabkin D. Asimplified technique for large crystallisation of haemoglobin in the enistalline / Drabkin D. Fnn N. S. Acad. Sci., 1964 – Vol. 121. – № 11 – P. 404–407.
25. Дубинина Е. Окислительная модификация белков / Елена Дубинина, Владимир Шугалей // Успехи современной биологии. – 1993. – Т. 113, Вып. 1. – С. 71–81.
26. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод её определения / Е.Е. Дубинина, С.О. Бурмистров, Д.А. Ходов [и др.] // Вопросы медицинской химии. – 1995. – Т. 41, Вып. 1. – С. 24–25.
27. Карякина Е.В. Молекулы средней массы как интегральный показатель метаболических нарушений / Е.В. Карякина, С.В. Белова // Клин. лаб. диагн. – 2004. – Вып. 3. – С. 4–8.
28. Дисбаланс перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты и уровень средних молекул у детей, больных хроническим гломерулонефритом / Е.А. Вельдер, Н.И. Аверьянова, В.М. Аксёнова [и др.] //Матер. науч. сессии Перм. гос. мед. академии. – Пермь, 2000. – С. 23–24.
29. Роль липидов фракции средних молекул в характеристике патологического процесса / В.Ш. Промыслов, Л.И. Левченко, М.Л. Демчук [и др.] //Вопр. мед. химии. – 1989. – Вып. 4. – С. 105–107.
30. Юдакова О.В. Интенсивность ПОЛ и АОА, уровень молекул средней массы как показателя эндогенной интоксикации при распространённом перитоните / О.В. Юдакова, Е.В. Григорьев // Клин. лаб. диагн. – 2004. – Вып. 10. – С. 20–22.
31. Tomasevic N. Insulin-induced glycosylphosphatidylinositol (GPI) binding to red cell membrane proteins / N. Tomasevic, M. Nikolic, V. Niketic // J. Serb. Chem. Soc. 2002. – V.67, № 12. – P. 819–824.

**Нікольська В.О. Зміни процесів окислювальної модифікації білків та рівня молекул середньої ваги у хворих з наднирковою недостатністю, що супроводжується гіперінсулінемією / В.О. Нікольська // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 84-90.**

У хворих з наднирковою недостатністю гіперінсулінемія призводить до підвищення показника окислювальної модифікації білків у сироватці та рівня молекул середньої ваги як у сироватці, так і у гемолізаті крові. На підставі отриманих даних запропоновано використання визначення молекул середньої маси у гемолізаті еритроцитів в якості додаткового біохімічного критерія прогнозування розвитку гіперінсулінемії у хворих з наднирковою недостатністю.

**Ключові слова:** гіперінсулінемія, надниркова недостатність, окисна модифікація білків, молекул середньої ваги.

**Nikolskaya V.A. Change of processes of oxidative modifications of proteins and level of molecules of average mass at patients with the adrenal insufficiency accompanied hyperinsulinemia / V.A. Nikolskaya // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 84-90.**

The hyperinsulinemia leads to rising of an indicator of oxidative modifications of proteins in blood serum and level of molecules of average mass in serum and hemolysate of erythrocytes of blood at the patients with adrenal insufficiency. Having analyzed the obtained data, it was offered to use of definition of molecules of average mass in a hemolysate of erythrocytes as additional biochemical criterion of forecasting of development hyperinsulinemia at patients with adrenal insufficiency.

**Keywords:** hyperinsulinemia, adrenal insufficiency, oxidative modifications of proteins, molecules of average mass.

*Поступила в редакцию 16.04.2010 г.*

**УДК 612.621.31-055.2:796.015.6**

## **О ЧАСТНОМ СЛУЧАЕ ТОЛЕРАНТНОСТИ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ ПРИ ИЗМЕНЕННОМ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОНТРАЦЕПТИВОВ ОТНОШЕНИИ ГОНАДЫ-НАДПОЧЕЧНИКИ**

*Погодина С.В.*

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

В статье обсуждаются вопросы влияния гормонального фона спортсменок на приспособительные возможности аппарата внешнего дыхания. Большое внимание при этом уделяется вопросу реализации данных приспособительных возможностей в различных фазах ОМЦ на измененном, под воздействием контрацептивов, гормональном фоне. Также обсуждается факт значительного снижения тонической секреции эстрадиола под воздействием физической нагрузки у спортсменки, принимающей контрацептивы. Основной вывод статьи свидетельствует о снижении эффективности регулирования респираторных функций и толерантности к физической нагрузке во время приема противозачаточных препаратов.

**Ключевые слова:** гормональный фон, контрацептивы, толерантность, физические нагрузки, женщины-спортсменки.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение особенностей межэндокринных связей и их роли в формировании приспособительных механизмов в организме спортсменок является одной из важнейших проблем спортивной тренировки женщин. В этом плане значительный интерес представляет изучение гонадо-надпочечниковых отношений, роль которых в развитии адаптационных реакций к физическим нагрузкам трудно переоценить [1, 2]. Большое значение для качественного построения мезоциклов при тренировке женщин имеет учет особенностей, обусловленных овариально-менструальным циклом (ОМЦ). Показано, что высокая толерантность к физическим нагрузкам наблюдается в постменструальной и постовуляторной фазах, что обусловлено наиболее благоприятным гонадо-надпочечниковым фоном, на котором реализуются приспособительные возможности спортсменок [3]. В свою очередь контрацептивы, а в частности мерсилон, угнетают гонадотропную функцию гипофиза, подавляя тем самым, выработку гонадами эстрогенов, обладающих как выраженным анаболическим эффектом, так и уменьшающих катаболическое влияние глюкокортикоидов. В этой связи большой практический интерес будет представлять толерантность к физической нагрузке при измененном под воздействием контрацептивов отношении гонады-надпочечники.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 16 квалифицированных легкоатлетов-добровольцев в возрасте 18-20 лет с 28-32- дневным менструальным циклом. Исследования проводили в различных фазах МЦ, а именно: 1 фаза – менструальная (1, 2 день от начала менструации (Ме)), 2 фаза постменструальная (8-9 день от начала Ме), 3 фаза овуляторная (13-16 день от начала Ме), 4 фаза постовуляторная (20-22 день от начала Ме), 5 фаза предменструальная, (26-27 день от начала Ме). Овуляцию определяли по тесту «Овуплан». Концентрацию эстрадиола и кортизола в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа. Вентиляторную функцию легких исследовали спиропневмотахометрическим методом с помощью прибора «СпироТест – РС». Все объемные показатели приведены к условиям ВTPS. Газообменную функцию легких исследовали с помощью газоанализаторов по кислороду (ЩИТ-3), по двуокиси углерода (ПГА-ДУМ). Динамику выделения CO<sub>2</sub> в легких изучали с помощью капнографии. Для нивелирования влияния на показатели функционального состояния легких ряда величин и внутренних факторов показатели газов приводили к условиям STPD (т.е. учитывалась температура воздуха, окружающее атмосферное давление, насыщение водяными парами). Дыхательный ритм записывали на цифровой носитель [4]. Для обработки временных рядов применялся периодограммный анализ, включающий в себя анализ Фурье [5]. Все исследуемые показатели изучали как в состоянии покоя, так и при выполнении субмаксимальной нагрузки на велоэргометре. Полученные результаты обработаны статистически.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении роли гонадо-надпочечниковых отношений в механизмах регулирования респираторных функций во время выполнения физических нагрузок у квалифицированных легкоатлетов в различных фазах ОМЦ, выявлена спортсменка П., принимающая противозачаточный препарат мерсилон. Гонадо-надпочечниковый фон этой спортсменки значительно отличался от среднего фона других испытуемых (рис. 1). Так, по результатам иммуноферментного анализа, у данной спортсменки на фоне падения уровня эстрадиола в организме до 0 пг/мл (!) в промежутке с 7 по 17 день от начала менархе наблюдалось резкое повышение концентрации кортизола в сыворотке крови свыше 1750 нмоль/л в покое, что соответствует высокой степени адаптационного напряжения. Физическая нагрузка, не влияла на повышение секреции глюкокортикоидов. Концентрация кортизола в сыворотке крови во время выполнения физической нагрузки постепенно повышающейся мощности была равной покою. Тогда как у группы спортсменок, не принимающих контрацептивы, наблюдались два характерных для нормального ОМЦ эстрадиоловых пика (концентрация эстрадиола в сыворотке крови была равной соответственно  $102,091 \pm 13,139$  и  $96,615 \pm 5,832$  пг/мл, акрофаза секреции кортизола в покое ( $786,064 \pm 75,95$  нмоль/л;  $P < 0,02$ ), соответствовала постовуляторной фазе и приходилась на снижение секреции эстрадиола после его овуляторного пика. Во время физической нагрузки практически у всех испытуемых

наблюдалось повышение секреции глюкокортикоидов, что является адекватной адаптационной реакцией [2].

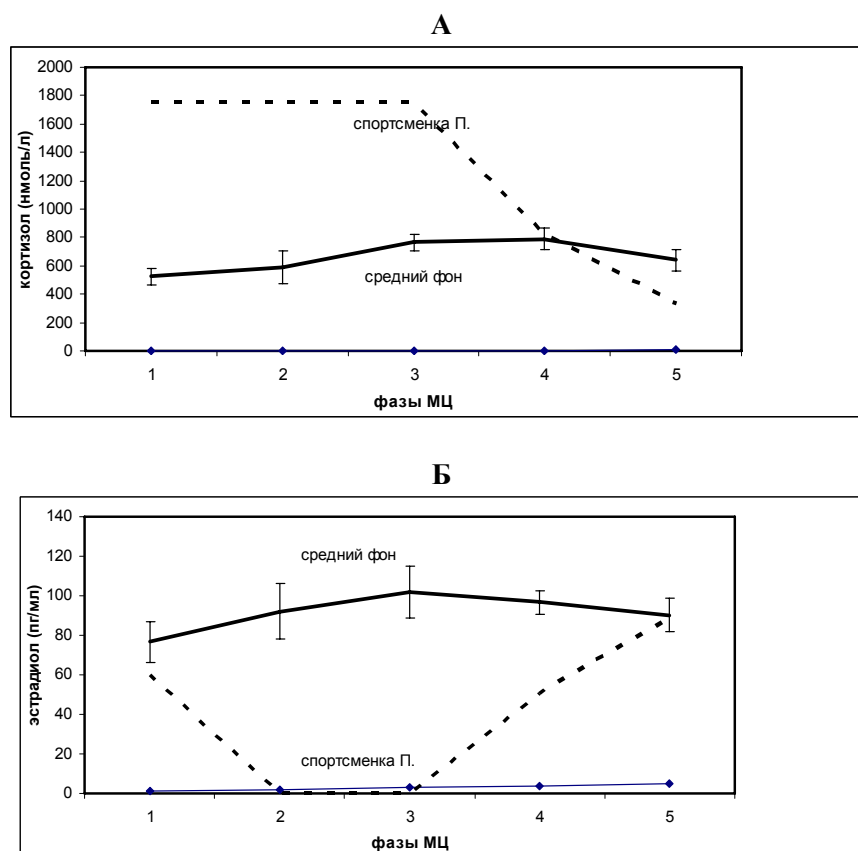


Рис. 1. Уровень кортизола (А) и эстрадиола (Б) в покое в различных фазах ОМЦ у спортсменок, не принимающих контрацептивы, ( $x \pm Sx$ ) и у спортсменки, принимающей мерсилон.

На фоне выраженного адаптационного напряжения у спортсменки П. отмечены характерные сдвиги в механике дыхания, вентиляции легких и газообмене. Так, показатель неравномерности дыхания при выполнении физической нагрузки постепенно-повышающейся мощности составил 47 %, что указывало на выраженное нарушение дыхательного ритма. С помощью периодограммного анализа дыхательного ритма выявлен низкий диапазон частоты колебаний тела при дыхании в покое, соответственно равный 0,06 Гц, и высокий диапазон (соответственно 0,56 Гц) при дыхании во время физической нагрузки, тогда как в норме эта частота должна находиться в пределах значений 0,2-0,5 Гц.

По данным спирографии зарегистрировано увеличение продолжительности выдоха, за счет уменьшения продолжительности вдоха, а также рост минутного

объема дыхания за счет выраженного тахипноэ, достигающего до 30 циклов в минуту, что способствовало увеличению доли мертвого пространства в альвеолярной вентиляции свыше 45 %. При этом парциальное давление двуокиси углерода в выдыхаемом воздухе превышало 57 мм рт. ст. Скорость потока воздуха возросла практически в два раза, по сравнению с покоем только на уровне малых бронхов. В свою очередь, у спортсменок не принимающих контрацептивы, значительные энергозатраты при дыхании наблюдались чаще всего в предменструальной и менструальной фазах. Однако величины параметров, характеризующих регулирование респираторных функций при физической нагрузке, у этой группы испытуемых не выходили за пределы нормальных значений.

Следует отметить, что выраженные энергозатраты при дыхании наблюдались у спортсменки П. по мере того, как она принимала мерсилон (т.е. до начала следующей Ме). Интересно, что уже после трех дней прекращения приема мерсилона (3 день от начала следующей Ме) уровень эстрадиола в ее организме достиг нормальных значений (свыше 50 пг/мл), однако концентрация кортизола в сыворотке крови все также превышала 1750 нмоль/л. и паттерн дыхания не изменялся. Более того, на фоне выраженного адаптационного напряжения у спортсменки П. наблюдалось снижение тонической секреции эстрадиола под воздействием субмаксимальной физической нагрузки свыше 20 пг/мл, тогда как у других спортсменок изменение тонической секреции эстрадиола во время физических нагрузок варьировало в пределах 4 пг/мл. Очевидно, что в случае со спортсменкой П. физическая нагрузка являлась дополнительным фактором, усиливающим величину эндогенного воздействия мерсилона, что проявляется дефицитом эстрогенов и обусловлено нарушением образования соответствующих релизинг-факторов на супрагипофизарном уровне [6].

### **ВЫВОДЫ**

1. Угнетение контрацептивами функции женских гонад (уровень эстрадиола в сыворотке крови в промежутке с 7 по 17 день от начала Ме равен 0 пг/мл), сопровождается выраженным повышением глюкокортикоидной активности коры надпочечников (уровень кортизола в сыворотке крови в покое свыше 1700 нмоль/л.) выходящим за пределы нормы более чем в 2,5 раза, что является отражением феномена синергического взаимодействия гормонов.
2. При подавлении контрацептивами функции яичников во время выполнения физических нагрузок происходит повышение энергетических затрат при дыхании (тахипноэ достигающее до 30 циклов в минуту, показатель неравномерности дыхания 47 %, увеличение доли мертвого пространства в альвеолярной вентиляции свыше 45 %, парциальное давление двуокиси углерода в выдыхаемом воздухе свыше 57 мм рт. ст.), регулирование респираторных функций при физических нагрузках становится не эффективным, толерантность к физической нагрузке снижается.
3. Физическая нагрузка является дополнительным фактором, усиливающим величину эндогенного воздействия контрацептивов, что обусловлено дефицитом эстрогенов как при их циклической, так и тонической секреции (во

время выполнения субмаксимальной физической нагрузки происходит снижение тонической секреции эстрадиола более чем на 20 пг/мл).

#### Список литературы

1. Похолочук Ю.Т. Современный женский спорт / Ю.Т. Похолочук, Н.В. Свечникова – К.: Здоров'я, 1987. – 192 с.
2. Виру А.А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки / Виру А.А. – Л.: Наука, 1981. – 155 с.
3. Шахлина Л.Я.-Г. Медико-биологические основы спортивной тренировки женщин / Шахлина Л.Я.-Г. – Киев.: Наукова думка, 2001. – 326 с.
4. Пат. 200713736 Украина, МПК А 61 В 5/08. Спосіб дослідження регуляції подиху при різних впливах, що збурюють на організм людини / Погодина С.В.; заявитель и патентообладатель Таврический национальный университет. - № 3184; заявл. 07.12.07; опубл. 25.04.08, Бюл. № 8.
5. А.с. № 28737. Украина. Комп'ютерна програма для визначення періодичних і хаотичних компонент в тимчасових рядах / С.С. Ткаченко, С.В. Погодіна, О.М. Гребнева (Україна). – № 28737.; Опубл. 3.02.2009, Бюл. № 14.
6. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Меерсон Ф.З., М.Г. Пшенникова - М.: Медицина, 1988. – 256 с.

**Погодіна С.В. Про окремі випадок толерантності до фізичного навантаження при зміненому під впливом контрацептивів відношенні гонади-надніркові / С.В. Погодіна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 91-95.**

У статті обговорюються питання впливу гормонального фону спортсменок на пристосовні можливості апарату зовнішнього дихання. Велика увага при цьому приділяється питанню реалізації даних пристосовних можливостей в різних фазах ОМЦ на зміненому, під впливом контрацептивів, гормональному фоні. Також обговорюється факт значного зниження тонічної секреції естрадіолу під впливом фізичного навантаження у спортсменки, що приймає контрацептиви. Основне виведення статті свідчить про зниження ефективності регулювання респіраторних функцій і толерантності до фізичного навантаження під час прийому протизаплідних препаратів.

**Ключові слова:** гормональний фон, контрацептиви, толерантність, фізичні навантаження, жінки-спортсменки.

**Pogodina S.V. On the particular case of exercise tolerance in the modified under the influence of contraceptives on the gonads, adrenals / S.V. Pogodina // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 91-95.**

The article discusses the influence of hormonal athletes on the adaptive capacity of respiratory apparatus. Much attention is paid to the implementation of these adaptive capacity in different phases of the CMC to the changes under the influence of contraceptives, hormonal background. We also discuss the fact that a significant reduction of tonic secretion of estradiol under the influence of physical activity among female athletes, the host contraceptives. The main conclusion of the article shows a decrease in the efficiency of regulation of respiratory function and exercise tolerance during the reception of birth control pills.

**Keywords:** hormones, contraceptives, tolerance, physical activity, female athletes.

*Поступила в редакцію 06.04.2010 г.*

**УДК 577.112:594.3(477.75)**

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЛИЗИ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ *HELIX ALBESCENS* И  
*EOBANIA VERMICULATA***

*Резник Е.П., Калиновский П.С., Долгов М.А.*

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

Проведены сравнительные исследования белка в слизи улиток двух видов. Показано, что различия в содержании белка не достигают статистически значимого уровня. Слизь *Helix albescens* менее устойчива к действию денатурирующих агентов. Полученные данные позволят осуществить выработку рекомендаций по совершенствованию методов получения и переработке слизи в фармацевтических целях.

**Ключевые слова:** наземные моллюски, слизь, содержание белка.

**ВВЕДЕНИЕ**

Рост потребления биологических ресурсов, и антропогенного воздействия на окружающую среду обуславливает поиск новых, ранее не используемых источников сырья и одновременного уточнения информации об уже используемых, с целью оптимизации их эксплуатации.

Гелицекультура, как один из таких источников, в последнее время привлекает всё более пристальное внимание специалистов. Не будучи традиционным источником пищевых или иных ресурсов, наземные моллюски лишь относительно недавно начали считаться перспективным источником сырья для фармакологической, пищевой и парфюмерной промышленности, в связи с чем многие аспекты их биохимии, физиологии и репродуктивной биологии остаются относительно слабо изученными.

С другой стороны, рядом специалистов указываются относительно небольшие величины запаса биоматериала в естественных условиях, и ряд проблем, связанных с их искусственным разведением, что в значительной степени ограничивает их значение как источника пищевых ресурсов.

В то же время, ряд исследований, указывает на перспективы использования наземных моллюсков в фармакологических целях. Отмечен ряд преимуществ экстрактов на основе слизи наземных моллюсков при разработке и производстве лекарственных и косметологических препаратов.

В связи с этим целью нашего исследования является изучение биохимических показателей и свойств слизи *Eobania vermiculata* Muller, 1774 и *Helix albescens* Rossmasler, 1839 как широко распространённых и пригодных для культивирования в



Крыму. В качестве первого этапа исследований была проведена сравнительная оценка содержания белков в слизи исследуемых моллюсков, а также влияние на их содержание первичной технологической обработки.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Материалом исследования служили взрослые половозрелые особи наземных брюхоногих моллюсков видов *Eobania vermiculata* Muller, 1774 и *Helix albescens* Rossmassler, 1839 [1]. Данные виды в Крыму распространены повсеместно, что облегчает их сбор и формирование выборочных совокупностей для сравнительных исследований [2-8].

Сбор проводился в районе Симферопольского водохранилища в период с конца апреля по начало мая 2009 г. – сразу после выхода из зимней спячки. Следует заметить, что особенности жизненного цикла исследуемых моллюсков, позволяют уверенно предполагать сезонные изменения содержания биологически-активных веществ в их слизи.

Таким образом, изучение биохимических показателей будет проводиться в течение всего периода их физиологической активности.

Отбор особей в формируемые совокупности велся на основании критериев половозрелости и однородности выборки по размеру особей.

Получение слизи проводили общепринятым методом в модификации Попова В.Н. [9]. Физиологически активную улитку экспозиционировали на покрытой поваренной солью (NaCl) поверхности, вследствие чего оказывалось раздражающее действие на железы, расположенные на нижней поверхности ноги. Это приводит к интенсивному выделению слизи, первые порции которой (с высоким содержанием NaCl) удаляют путём промывания в дистиллированной воде. Таким образом, достигается минимизация влияния процесса получения слизи на её ионный и белковый состав.

Разделение белка по отношению к потенциальным денатурирующим агентам проводилось путём высаливания сульфатом аммония с последующим центрифугированием при 3000 об/мин (380g) в течение 5 мин.

Определение содержания белка в исследуемом образце, проводилось по Лоури, а также микробиуретовым методом [10, 11], что обусловлено как простотой и надёжностью обоих методов, так и малой чувствительностью последнего к особенностям структуры белков различной природы.

Обработка полученных результатов проводилась при помощи общепринятых методов описательной статистики, анализ средних величин показателей проводился при помощи критерия Стьюдента с проверкой условий применимости согласно [7].

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты исследования представлены в Таблице. Обращает на себя внимание относительно больше содержание белка в пробах, полученных из *Helix albescens*, которое, однако, не достигает статистически достоверного уровня. Фильтрация не оказывает заметного влияния на содержания белка (сохраняется 99 % и 96 % от исходного уровня соответственно), таким образом можно предположить, что

биологические свойства, обуславливающие ценность белковой компоненты материала при фильтрации не теряются.

Таблица.

Содержание белка в слизи наземных моллюсков *Eobania vermiculata* и *Helix albescens* ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

	Вид	<i>Helix albescens</i> (n=30)			<i>Eobania vermiculata</i> (n=30)		
		цельная слизь	фильтрованная слизь	осаждение	цельная слизь	фильтрованная слизь	осаждение
А	содержание белка г/л	28,9±2,9	28,7±6,6	15,3±1,5	24,4±5,6	23,5±5,4	19,9±2,0
Б	содержание белка г/л	27,7±2,8			32,9*±2,5		

Примечание: \* – различия между показаниями биуретового метода (А) и метода Лоури (Б) статистически достоверны при  $p < 0,05$ .

Отдельно необходимо отметить различный характер реакции проб на действие такого денатурирующего агента, как сульфат аммония: в то время как у проб, полученных из *Helix albescens*, снижение содержания белка в пробах составило 13,4г/л (46,6 %), для *Eobania vermiculata* это снижение составило только 3,6г/л (15,2 %) и, таким образом разница между содержанием белка в пробах достигла статистически значимого уровня.

При определении содержания белка по Лоури, выявлены достоверные различия для *Eobania vermiculata* в случае цельной слизи (по Лоури содержание белка достоверно выше), что свидетельствует об отличиях в качественном составе белковой фракции между этими двумя видами. Опираясь на выводы сделанные в [12] можно предположить, что в слизи *Eobania vermiculata* относительное содержание глобулиновых белков выше чем у *Helix albescens*.

Исходя из вышеизложенного, сравнение уровня содержания белка позволяет говорить о различной устойчивости белков слизи *Eobania vermiculata* и *Helix albescens* к денатурирующему действию сульфата аммония. При этом они обусловлены различным количественным соотношением белков разных фракций. Эти различия необходимо учитывать при оценке возможности использования слизи различных улиток в целях фармакологической промышленности [2, 8].

## ВЫВОДЫ

1. Содержание белка в цельной слизи *Helix albescens* и *Eobania vermiculata* не демонстрирует статистически достоверных различий (28,9±2,9 и 24,4±5,6 г/л соответственно), и не претерпевает значимых изменений при фильтрации.
2. Устойчивость слизи *Eobania vermiculata* к осаждению сульфатом аммония ниже чем для *Helix albescens*. Снижение концентрации составляет 15,2 % и 46,6 % соответственно.

3. Полученные данные, позволят осуществить выработку рекомендаций по совершенствованию методов получения и переработки нативной слизи в фармацевтических целях.

### Список литературы

1. Шилейко А.А. Наземные моллюски надсемейства *Helicoidea* / Шилейко А.А. // В серии: Фауна СССР. Моллюски. — Л.: Наука, 1978 — Т.3. — 384 с.
2. Бескаравайный М.М. Предварительные итоги акклиматизации съедобной улитки *Helix lucorum* L. в Карадагском заповеднике / М.М. Бескаравайный, В.Н. Попов // Проблемы формирования экологического мировоззрения. — Симферополь, 1998. — С. 138–139.
3. Жизнь животных / под ред. Л.А. Зенкевича. — М.: Просвещение, 1968. — Т.2. — С. 71–90.
4. Крылов А.А. Руководство для лаборантов клинико-диагностических лабораторий / А.А. Крылов, А.М. Кац, Л.А. Канторович — Л.: Медицина, 1981. — 212 с.
5. Леонов С.В. Влияние вида — конкурента на темп роста молодежи обыкновенной улитки (*Helix albescens* Rossmassler, 1839) // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского: серия "Биология, Химия". — 2001. — Т.14, №2. — С. 107–110.
6. Остапец М. Г. Практикум по биохимии / М.Г. Остапец, Н.Н. Романская — Л.: Наука, 1987. — С. 363–364.
7. Плохинский Н.А. Биометрия / Плохинский Н.А. — М.: МГУ, 1970. — 367 с.
8. Попов В.Н. Съедобные улитки Украины и их хозяйственное использование / В.Н. Попов // Симферополь: РЦНТЭИ, 1998. — С. 65
9. Попов В.Н. Влияние антропогенных факторов на видовое разнообразие наземной малакофауны Сасык — Сивашского района Крыма / В.Н. Попов, Е.В. Хайленко // Геолого- и биоэкол. проблемы Северного Причерноморья. — Тирасполь, 2001. — С. 224–225
10. Практикум по органической, физиологической, коллоидной и биологической химии / Мин-во здравоохранения КазССР. Алма-Атинский гос. Мед.ин-т; под ред. П.А. Верболович. — Алма-Ата: Наука, 1973. — 334 с.
11. Руководство к лабораторным занятиям по фармацевтической химии / под ред. П. Л. Сенова. — М.: Медицина, 1978. — 360 с.
12. Альтшулер Б.Ю. Методические аспекты лабораторного определения низких концентраций белка в биологических жидкостях (опыт применения математического анализа) / Б.Ю. Альтшулер [и др.] // <http://medi.ru/pbmc/8810407.htm>

**Резнік Е.П. Порівняльна характеристика окремих біохімічних показників слизу наземних молюсків видів *Helix albescens* і *Eobania vermiculata* / Е.П. Резнік, П.С. Калиновський, М.А. Долгов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. — 2010. — Т. 23 (62). — № 1. — С. 96-99.**

Проведені порівняльні дослідження білка равликів двох видів . Показано, що відмінності у змісті білка не досягають статистично значимого рівня. Слиз *Helix albescens* менш улаштована до дії денатуруючих агентів. Отримані дані дозволяють здійснити вироблення рекомендацій щодо вдосконалення методів отримання та переробки слизу в фармацевтичних цілях.

**Ключові слова:** наземні молюски, слиз, кількість білків

**Ryznyk E.P. Comparative characteristics of separate biochemical indexes of ground mollusc's mucus species *Helix albescens* and *Eobania vermiculata* / E.P. Ryznyk, P.S. Kalinovsky, M.A. Dolgov // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. — Series: Biology, chemistry. — 2010. — V.23 (62). — № 1. — P. 96-99.**

Comparative research of protein in mucus of two species of snails have been done. It is shown that difference of content of protein statistically insignificant. Mucus of *Helix albescens* is less stable to denature agents. Obtained data allows to work-out recommendations in methods of improving mucus obtaining and processing at pharmaceutical goals.

**Keywords:** terrestrial mollusks, mucus, protein contents.

Поступила в редакцию 15.03.2010 г.

**УДК 591.81**

## **ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ СТРУКТУРНО – ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗМІН В СИСТЕМІ АДЕНОГІПОФІЗ – ЩИТОВИДНА ЗАЛОЗА ПРИ ДІЇ НА ОРГАНІЗМ ХЛОРФЕНОКСІГЕРБІЦИДУ 2,4Д**

*Редька О.Г.*

*Миколаївський державний університет ім. В.О. Сухомлинського, Миколаїв, Україна  
E-mail: elena2008ukr@mail.ru*

У статті приведено теоретичні узагальнення закономірностей структурно-функціональних змін в системі аденогіпофіз-щитовидна залоза в умовах її пестицидної інтоксикації різної тривалості.  
**Ключевые слова:** морфологія, аденогіпофіз, тиротропи, щитовидна залоза, пестициди.

### **ВСТУП**

Загальновідомо, що хімічний захист сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб та бур'янів здійснюється шляхом застосування пестицидів, які являються високотоксичними сполуками з надзвичайною біологічною активністю і здатністю накопичуватись в різних ланках харчового ланцюга [1-3]. Пріоритетними з точки зору масштабності можливих негативних наслідків слід визначити саме пестициди, які потрапляють до організму з продуктами харчування, водою, повітрям та можуть впливати на великі групи населення або на популяцію в цілому [4].

Існує багато наукових праць та розробок, які встановлюють, що вплив на організм пестицидів являється суттєвим етіологічним фактором розвитку патології дихальної, серцево-судинної, нервової, імунної системи [1, 4, 5]. Однак, враховуючи складність та унікальність нейроендокринної регуляції основних функцій організму, можна припустити, що саме ендокринна система проявляє високу чутливість і формує умови протидії пошкоджуючим факторам пестицидів.

Тому саме вивченню впливу пестицидів на стан органів ендокринної системи, а саме на структурно-функціональні зміни, що відбуваються на клітинному і субклітинному рівні, присвячена наша дослідницька робота.

Метою дослідження було вивчення структурно — функціональних змін аденогіпофізу і щитовидної залози щурів в різні періоди розвитку за умови дії хлорфеноксігербіциду 2,4Д різної тривалості.

Для досягнення означеної мети поставлені такі задачі:

1. Показати структурно – функціональний стан аденогіпофізу і щитовидної залози контрольної групи інтактних щурів різного віку (45-, 60-, 90- діб), зі змінами, що відбулися в піддослідній групі під впливом гербіцидної інтоксикації.
2. визначити та порівняти рівень тиротропного гормону і тироксину в периферійній крові щурів в контрольній та піддослідній групі.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Об'єктом для вивчення морфофункціонального стану аденогіпофізу і щитовидної залози піддослідної групи тварин стали нелінійні білі щури – самці різного віку: 45-, 60-, 90- добові. Утримання тварин відповідало вимогам Першого національного конгресу з біоетики [6]. Дослідження проводилось в умовах експерименту, в ході якого в питний раціон очищеної води щодня додавали 30 мг/кг гербіциду 2,4 Д. Всього було використано 25 тварин. В залежності від віку щурів аутопсували на 45,60 і 90 добу життя миттєвою декапітацією. Згідно методики залози фіксували в рідині Буена та заливали парафіном з послідуочим виготовленням серійних зрізів товщиною 4-5 мкм [7, 8] та забарвленням їх гематоксиліном і еозином [8]. На отриманих гістологічних препаратах вивчали будову аденогіпофізу і щитовидної залози. Підрахунок тиротропів і тироцитів проводили на 25 полях зору у 4 тварин кожної групи. Окулярмікрометром вимірювали розміри тиротропів і тироцитів, їх ядер та ядерець, вираховували їх об'єми. Біохімічними методами виявляли рівень вільного тироксину та тиротропного гормону в периферійній крові [9]. Про функціональну активність аденогіпофізу щитовидної залози судили за змінами об'ємів клітин, їх ядер та ядерець, змін ядерно-цитоплазматичного співвідношення, вмісту тиротропного гормону та тироксину в крові.

Кількісні дані обробляли методами варіаційної статистики з використанням обчислювальної техніки [10].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Отримані дані підтвердили наші припущення, що внаслідок стрес-реакції організму на введення гербіциду 2,4Д протягом 30-ти, 45-ти та 75-ти діб в субхронічних дозах – 30 мг/кг (1/20 LD50) в аденогіпофізі були зафіксовані суттєві структурно-функціональні зміни: збільшувалась маса аденогіпофізу, зменшувалась кількість тиротропного гормону в крові, що свідчило про зниження активності тиротропів (табл. 1).

Таблиця 1.

**Динаміка вмісту тиротропного гормону та тироксину в крові щурів контрольної групи (К) та після хронічної дії хлореноксігербіциду 2,4Д(Г) в різні вікові періоди та при різній експозиції ( $\bar{x} \pm Sx$ )**

Вік тварини	Група	Тиротропний гормон mME/L	Тироксин nmol/l
45 діб	К	0,14 ± 0,01	4,0 ± 0,04
	Г	0,12 ± 0,01*	2,7 ± 0,08*
60 діб	К	0,15 ± 0,03	5,1 ± 0,05
	Г	0,10 ± 0,09*	3,2 ± 0,08*
90 діб	К	0,17 ± 0,03	6,3 ± 0,23
	Г	0,08 ± 0,09*	5,2 ± 0,04*

Примітка: \* – відмінності достовірні в порівнянні з контролем (P<0.05).

В ультраструктурі тиротропів аденогіпофізу відмічались дистрофічні зміни в цитоплазмі з явищами руйнації мітохондрій, порушення цілісності секреторних гранул та зменшення їх кількості на одиницю площі цитоплазми. Крім того, спостерігались значні порушення мікроциркуляторного русла з явищами застійного повнокров'я, розширенням просвіту капілярів (рис. 1).

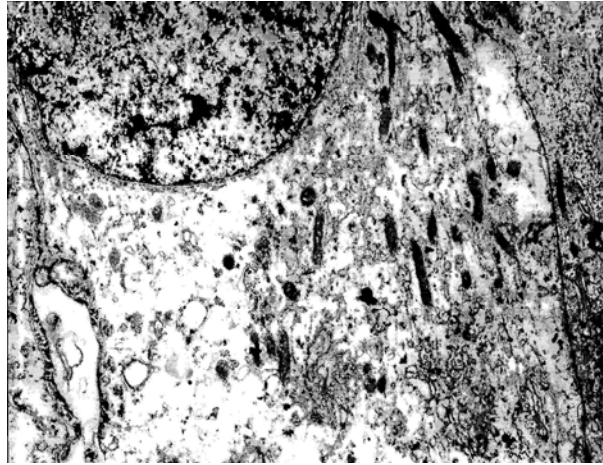


Рис. 1. Аденогіпофіз 60 добового щура після хронічної дії пестицидів. Тиротроп. Виражені дистрофічні і деструктивні зміни в цитоплазмі і в мікроциркуляторному руслі. Електронограма (Зб. х 6.000).

Всі ці зміни свідчать про порушення морфофункціональної активності аденогіпофізу (табл. 2).

**Таблиця 2.**

**Об'єми клітин , ядер і ядерць аденогіпофізу та щитовидної залози контрольної групи (К), та після хронічної дії хлорореногербіциду 2,4Д (Г) ( $x \pm Sx$ )**

Вік тварин	Тип клітин	Група тварин	Об'єм клітини	Об'єм ядра	ЯЦС	Об'єм ядерця
45 дб	тиротропи	К	1600±20,8	300,7±11,0	1:5,3	33,7±0,6
		Г	1482,1±45	205,2±20,2*	1:7,2	31,2±0,7*
	тироцити	К	1098±17,4	335,2±7,2	1:3,1	20,4±0,3
		Г	905,2±21,2	205,8±12	1:4,2	16,9±0,6
60 дб	тиротропи	К	1727±14,4	357,1±10,0	1:4,8	27,2±0,6
		Г	1535±65,2*	305,1±14,2*	1:5,0	21,2±0,7*
	тироцити	К	1805,1±13,2	554,4±7,4	1:3,2	22,7±0,4
		Г	1470±13,0	402,2±10,9	1:3,6	34,5±0,8
90 дб	тиротропи	К	1835±29,5	412,4±10,2	1:3,8	28,2±0,7
		Г	2602±13,0*	292,1±13,2*	1:3,1	24,3±0,2
	тироцити	К	2030,4±22,3	690±18,3	1:2,9	34,6±0,9
		Г	2063,6±67,1	671,1±46,1	1:3,1	35,7±0,2

Примітка: \* – відмінності достовірні в порівнянні з контролем ( $P < 0.05$ ).

Виражена реакція на тривалу дію гербіциду 2,4Д при різній експозиції та в різні вікові періоди тварин спостерігались також з боку щитовидної залози: встановлені порушення в структурі тироцитів з розширенням цистерн гранулярної ендоплазматичної сітки з багаточисленними розривами їх мембран. Ядра тироцитів низької електронної щільності і майже зливалися з цитоплазмою. Фолікули здебільш плоскої форми з щільним густим колоїдом (рис. 2).

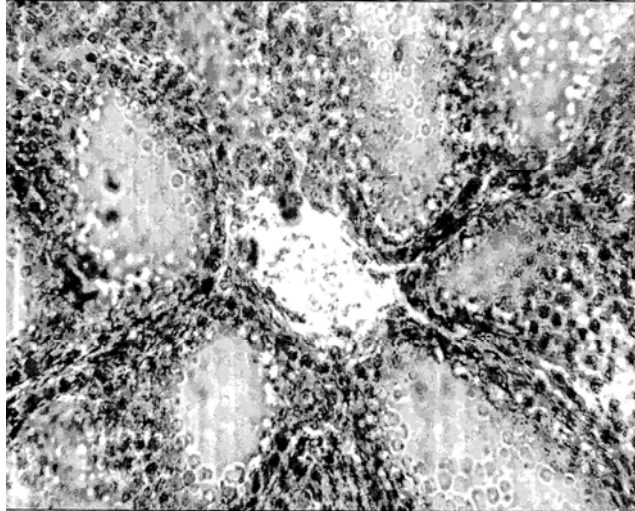


Рис. 2. Щитовидна залоза 60-добового щура після хронічної дії пестицидів. У структурі фолікулярних клітин ознаки зниження функціональної активності. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Об.90, ок.15.

Зменшувались об'єми клітин, ядер та ядерець, а ядерно-цитоплазматичне співвідношення збільшувалось (табл.2).

Відсутність стимулюючого впливу тиротропного гормону на біосинтез тироксину призводило до зниження рівня останнього в периферійній крові (табл.1).

### **ВИСНОВКИ**

1. Перебування 45, 60 та 90 добових тварин в умовах тривалої пестицидної інтоксикації приводить до виникнення стрес – реакції в системі аденогіпофіз – щитовидна залоза яка є центральною ланкою нейроендокринної інтегруючої регуляції.
2. Цитотоксична дія гербіциду 2,4Д на систему аденогіпофіз – щитовидна залоза залежить від тривалості його надходження в організм тварин.
3. Отримані результати досліджень диктують необхідність подальшого поглибленого вивчення ступеню загрози пестицидів для розвитку ендокринної патології в залежності від реально існуючих їх концентрацій в навколишньому середовищі.

### Список літератури

1. Куценко С.А. Основы токсикологии / Куценко С.А. –СПб., 2004. – 720 с.
2. Федоров Л.А. Пестициды – токсический удар по биосфере и человеку / Л.А. Федоров, А.В. Яблоков– М.: Наука 1999. – 462 с.
3. Юданова Л.А. Пестициды в окружающей среде / Юданова Л.А. – Новосибирск, 1999 – 140с.
4. Хижняк М.І. Здоров'я людини та екологія / М.І. Хижняк, А.М. Нагорная – К.,: Здоров'я, 1995. – 229 с.
5. Щербакова Н.И. Оценка тератогенной опасности пестицидов / Н.И. Щербакова, А.Я Ползун // Материалы международной научной конференции / Саранск, 2007. С. 193–196.
6. Резников О.Г. Загальні етичні принципи експериментів на тваринах / О.Г. Резников // Ендокринологія. – 2001. – Т.8, №1 – С. 142–145.
7. Пиз Д. Гистологическая техника в электронной микроскопии / Пиз Д. – М : Издательство иностранной литературы (пер. с англ.), 1963. – 154 с.
8. Рожков І.М. Методичні рекомендації до виготовлення гістологічних препаратів ендокринних органів / Рожков І.М. – Миколаїв: МДУ ім. Сухомлинського, 2004. – 28 с.
9. Головаченко В.А. Инструкция по применению наборов реактивов для иммуноферментного определения гормонов / В. А. Головаченко, Д.Г. Польшцев – М. : МГУ, 2000 – 55 с.
10. Рокицкий П.Ф. Основы вариационной статистики для биологии / Рокицкий П.Ф. – Минск., 1961. – 221 с.

**Редька Е.Г. Некоторые особенности возникновения структурно-функциональных изменений в системе аденогипофиз – щитовидная железа при действии на организм хлорфеноксигербицида 2,4 Д / Е.Г. Редька // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С.100-104.**

В статье приведены теоретические обобщения закономерностей структурно-функциональных изменений в системе аденогипофиз – щитовидная железа в условиях её пестицидной интоксикации разной продолжительности.

**Ключевые слова:** морфология, аденогипофиз, тиротропы, щитовидная железа, пестициды.

**Redka O.H. Histophysiological study of changes in the system adenohipofisis-thyroid gland in conditions of oxiphenokhsigerbicides 2,4 D. / O.H. Redka // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P.100-104.**

Information of structurally and adenohipofisis thyroid gland in condition of pesticides action of various duration is given.

**Keywords:** morphology, adenohipofisis, thyreotropes, thyroid gland, pesticides.

*Поступила в редакцию 30.03.2010 г.*



**УДК 612.44+612.17**

**ХАРАКТЕРИСТИКА УРОВНЯ ОСНОВНОГО ОБМЕНА  
У БЕЛЫХ КРЫС ЗА ПРЕДЕЛАМИ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ НОРМЫ  
ЦИРКУЛИРУЮЩЕГО ТРИЙОДТИРОНИНА**

*Станишевская Т.И.<sup>1</sup>, Соболев В.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Украина*

<sup>2</sup>*Донецкий национальный университет, Донецк, Украина*

*E-mail: sobolev@dongu.Donetsk.ua*

При достижении уровня трийодтиронина верхней границы нормы регуляция основного обмена нарушается, что проявляется в утрате точности его поддержания; при экспериментальном гипертиреозе скорость потребления кислорода устанавливается на новом стационарном уровне при больших показателях вариабельности; характер распределения значений в «новой» совокупности описывается нормальным законом распределения.

**Ключевые слова:** гипертиреоз, регуляция основного обмена, характер распределения совокупностей.

**ВВЕДЕНИЕ**

Хорошо известно, что одним из основных механизмов действия гормонов щитовидной железы в условиях *in vivo* является способность активировать уровень энергетического обмена [1, 2]. Является аксиомой, что при гипертиреозе наблюдается выраженная активация интенсивности общего обмена, а в состоянии гипотиреоза, наоборот — угнетение [2-4]. Такой характер действия тиреоидных гормонов позволил использовать состояние гипер- или гипометаболизма в качестве важнейшего симптома в диагностике тиреоидной патологии [1, 2].

Несмотря на большое число работ, посвященных исследованию проблемы тиреоидного гиперметаболизма [1, 5, 6], многие аспекты обозначенной проблемы остаются недостаточно изученными [6, 7]. В частности, представляет интерес вопрос о характере и «силе» действия физиологических концентраций тиреоидных гормонов на уровень основного обмена. Остается также практически не исследованным вопрос о характере действия активных йодтиронинов щитовидной железы на интенсивность общего обмена на границах «физиологической шкалы» концентраций гормонов.

Целью работы явилось выяснение качественных и количественных характеристик состояния уровня основного обмена белых крыс в зависимости от уровня циркулирующего свободного трийодтиронина в рамках «физиологической шкалы концентраций», а также непосредственно за пределами границы ее нормы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты выполнены на 80 взрослых белых крысах-самцах массой  $282 \pm 1,1$  г. Медиана, мода и дисперсия всей совокупности составили соответственно 281 г., 280 г. и 91,2. Для эксперимента отбирали животных, у которых отсутствовали внешние проявления дисфункции щитовидной железы, такие как тремор тела, спонтанные движения по кругу, расстройства локомоции, видимая атрофия мышц туловища и конечностей, нетипичная для здоровых крыс ректальная температура, вялость и медлительность движений или напротив - повышенная возбудимость и агрессивность, излишняя складчатость кожи, видимые изменения шерсти и кожных покровов, экзофтальм. Все перечисленные факторы отбора опытных животных способствовали дополнительной стандартизации условий экспериментов.

Все животные были разделены на две группы. Первой группе крыс (30 животных) ежедневно в течение 4-х дней подкожно вводился трийодтиронин в дозе 15 мкг/кг (гипертиреоидная группа, 15Т3-группа). Для опыта животные использовались на следующий день после окончания инъекций гормона (5-е сутки). Вторая группа крыс (50) была контрольной.

Первоначально у ненаркотизированных животных в условиях термонейтральной зоны при температуре 28-30 °С измерялись ректальная температура (электронный термометр) и величина потребления кислорода (электронный газоанализатор «Radiometer»). Результаты показали, что средняя величина потребления кислорода у контрольной группы животных составила  $23,7 \pm 0,23$  мл/кг мин, а значение ректальной температуры соответственно  $37,8 \pm 0,10$ °С. У крыс опытной 15Т3-группы потребление кислорода было на  $5,0 \pm 0,58$  мл/кг мин больше ( $P < 0,05$ ) и составило  $28,7 \pm 0,56$  мл/кг мин. Ректальная температура повысилась до  $38,5 \pm 0,10$ °С, превышая контрольный уровень на  $0,7 \pm 0,10$ °С ( $P < 0,05$ ).

После измерения базовых значений исследуемых показателей животное декапитировалось, и в крови определялось содержание свободного трийодтиронина. Определение гормона проводилось с помощью метода иммуноферментного анализа с использованием системы "ThermoLabsystems" и стандартного набора реагентов «ТироидИФА-трийодтиронин свободный» производства России.

Статистическая обработка данных проводилась стандартными методами с помощью программы Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты определения уровней свободного трийодтиронина в крови крыс обеих групп представлены в таблице. Видно, что у крыс опытной группы, которым предварительно вводился трийодтиронин, как и следовало ожидать, средняя величина уровня циркулирующего свободного трийодтиронина достигала значения  $11,5 \pm 0,27$  пмоль/л, что было на  $7,04 \pm 0,32$  пмоль/л выше контрольного уровня ( $+157\%$ ,  $P < 0,001$ ). Следовательно, у животных опытной группы вызывалось состояние экспериментального гипертиреоза.

Представляет интерес анализ характера распределения совокупностей значений уровня трийодтиронина у крыс контрольной и опытной, гипертиреодной, группы. По предварительным расчетам величин эксцесса и асимметрии выяснилось, что распределение в обоих случаях может быть близким к нормальному. Подтверждением этому служит результат исследования характера распределения с помощью критерия соответствия  $\chi^2$ . Так, для совокупности значений свободного трийодтиронина у контрольной группы крыс для  $P=0,95$  и  $k=3$   $\chi^2_{fact}(4,31) < \chi^2_{st}(7,8)$ , т.е. нулевая гипотеза сохраняется. Для второй совокупности (гипертиреодная группа) при  $P=0,95$  и  $k=5$   $\chi^2_{fact}(4,62) < \chi^2_{st}(11,1)$ , т.е. нулевая гипотеза также сохраняется. Следовательно, характер распределения исследованных совокупностей значений уровня трийодтиронина у взрослых белых крыс-самцов при эутиреоидном статусе и гипертиреозе использованной модели соответствует нормальному закону.

При анализе совокупности «свободный трийодтиронин» для контрольной группы крыс обращает на себя внимание факт высокой вариабельности этого показателя — коэффициент вариации для всего ряда составил 27,3%. При этом наиболее высокая вариабельность показателя отмечается на крайних границах физиологической шкалы колебаний концентрации трийодтиронина. С целью детального анализа был построен график зависимости величины среднего квадратического отклонения от концентрации свободной формы циркулирующего трийодтиронина для контрольной ( $n=50$ ) и гипертиреодной ( $n=30$ ) групп животных (рис. 1). Оказалось, что наибольшая величина среднего квадратического отклонения для группы контрольных крыс отмечается в самом начале «шкалы концентраций» (около 3 пмоль/л) и особенно ее конце (6-7 пмоль/л).

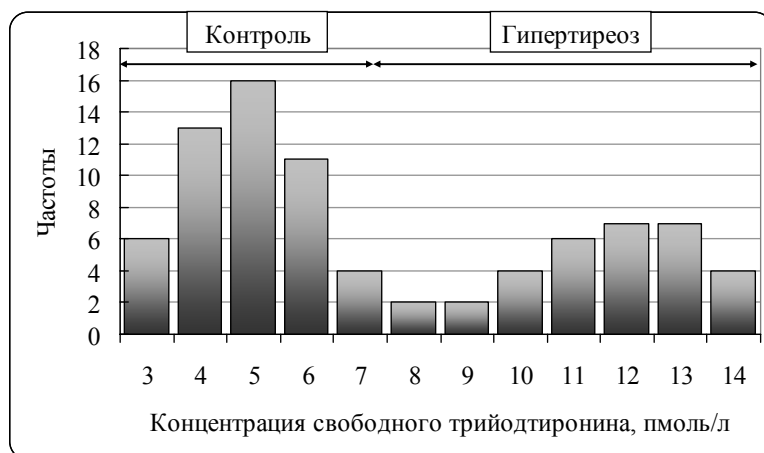


Рис. 1. Частоты распределения значений совокупности уровня циркулирующего трийодтиронина для крыс контрольной ( $n=50$ ) и гипертиреодной групп ( $n=30$ ).

Подтверждением существования нескольких разнородных совокупностей в исследуемом вариационном ряду является результат использования двухвыборочного F-теста для дисперсии. При сравнении дисперсий для

совокупностей вариант в начале (2,5-3,8 пмоль/л), середине (3,9-6,0 пмоль/л) и конце (6,1-7,4 пмоль/л) «шкалы концентраций трийодтиронина» оказалось, что у животных контрольной группы массив в центральном участке с высокой степенью статистической достоверности ( $P=0,0236\div 3E-06$ ) отличается от массивов слева и справа. Следовательно, можно полагать, что на краях физиологической нормы уровень трийодтиронина крови поддерживается с наименьшей точностью, что может рассматриваться с точки зрения приближения момента исчерпания физиологических возможностей системы саморегуляции и перехода ее на иной принцип регуляции — патофизиологический.

Сделанное предположение подтверждается при анализе величины среднего квадратического отклонения для уровня циркулирующего трийодтиронина также и для крыс гипертиреодной группы (рис. 2). У животных гипертиреодной группы величина среднего квадратического отклонения существенно (от 1,3 до 9,9 раза) превышала таковую у контрольных животных в рамках шкалы физиологических концентраций трийодтиронина. Это свидетельствует, что за верхним пределом физиологической нормы постоянство вновь установившегося уровня циркулирующего трийодтиронина ( $11,5\pm 0,27$  пмоль/л) поддерживается еще более нестабильно, чем у крыс с эутиреоидным статусом в правом конце «физиологической шкалы» колебаний гормона. Однако распределение значений в новой совокупности при гипертиреодном состоянии описывается по-прежнему нормальным законом. Последнее обстоятельство может рассматриваться как подтверждение установления нового стационарного состояния, но уже с иными функциональными параметрами.

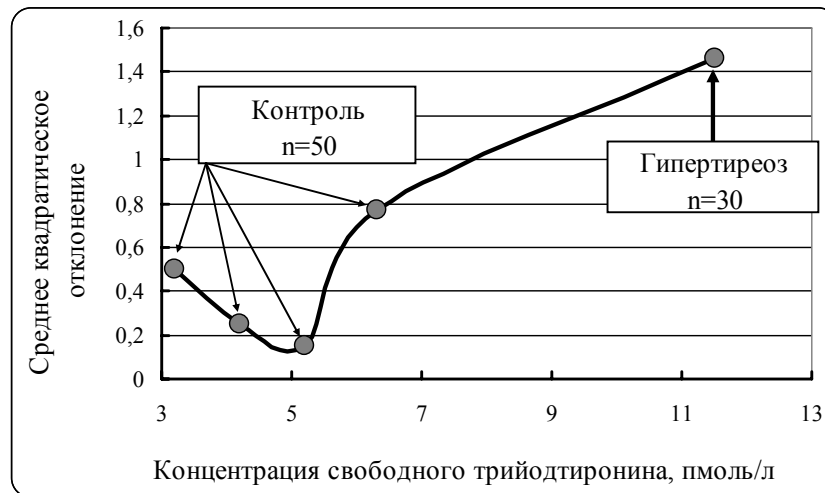


Рис. 2. Величина среднего квадратического отклонения для разных значений циркулирующего трийодтиронина.

Характер использованной методики позволил провести анализ зависимости между уровнем циркулирующего трийодтиронина и значением скорости

потребления кислорода у крыс контрольной и гипертиреозной групп. Как видно на Рис. 3, у животных контрольной, эутиреоидной, группы между этими показателями существует четко выраженная положительная связь, хорошо описываемая уравнением прямой линии при коэффициенте корреляции  $0,89 \pm 0,04$  ( $P < 0,01$ ) и коэффициенте регрессии  $1,41 \pm 0,101$  ( $P = 1,52 \text{ E-}18$ ).

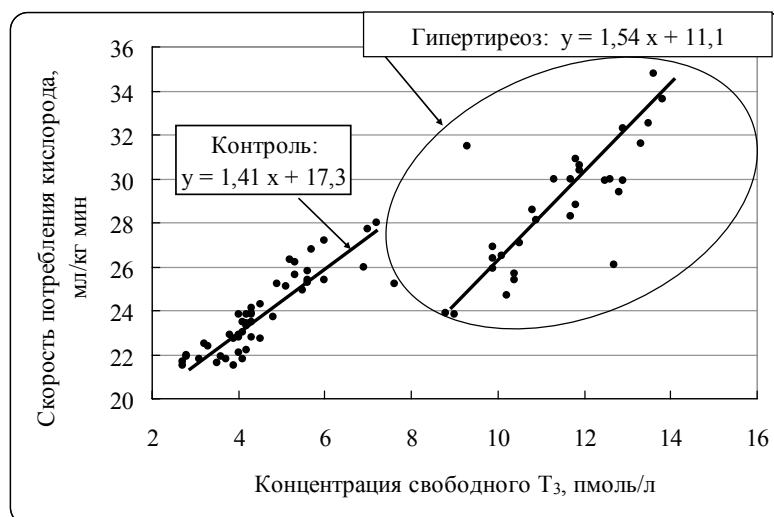


Рис. 3. Зависимость скорости потребления кислорода от концентрации циркулирующего свободного трийодтиронина у белых крыс контрольной группы.

У животных, получавших в предварительном периоде инъекции трийодтиронина, зависимость между уровнем трийодтиронина крови и скоростью потребления кислорода, во-первых, смещена по шкале «X» вправо, а во-вторых – описывается также уравнением прямой линии (рис. 3) при коэффициенте корреляции  $0,78 \pm 0,07$  ( $P < 0,01$ ) и коэффициенте регрессии  $1,54 \pm 0,23$  ( $P = 4,07 \text{ E-}07$ ).

Обращает на себя внимание факт высокой вариабельности скорости потребления кислорода на верхней границе «физиологической шкалы концентраций» циркулирующего трийодтиронина. Так, при сравнении величин стандартного отклонения для совокупностей вариант оказалось (рис. 4), что для массива чисел скорости потребления кислорода на верхней границе нормы колебаний трийодтиронина (около 6,8 пмоль/л) оно составило 2,8, что в 1,75 раза выше, чем для массива значений по шкале «X» слева (1,6). Еще большие различия имели место при сравнении величин стандартного отклонения средних между группами «контроль-гипертиреоз». Оказалось, что при экспериментальном гипертиреозе величина стандартного отклонения для средней скорости потребления кислорода ( $28,7 \pm 0,56$  мл/кг мин для всей группы) составила 3,5, тогда как у животных контрольной, эутиреоидной группы, для средней величины потребления кислорода ( $23,7 \pm 0,26$  мл/кг мин) среднее квадратическое отклонение составило 1,8, т.е. было в 1,9 раза меньше.

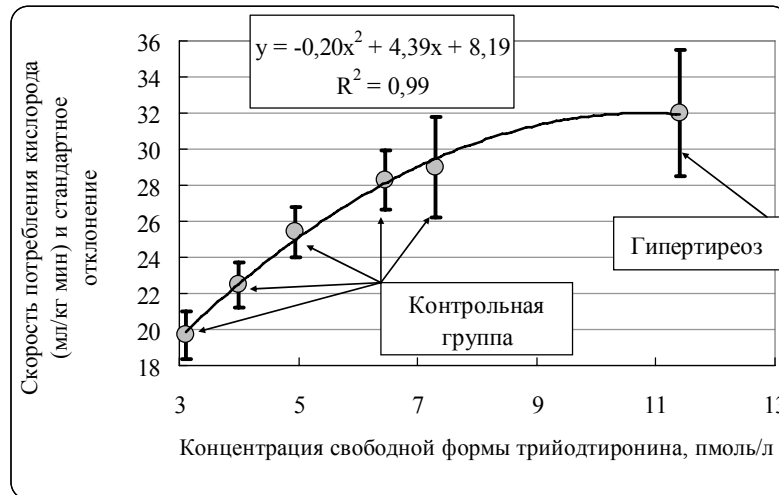


Рис. 4. Зависимость показателя variability скорости потребления кислорода (стандартное отклонение средней величины) от уровня циркулирующего трийодтиронина у крыс контрольной и гипертиреоидной групп.

Как видно, на верхней границе физиологической нормы колебаний уровня свободного трийодтиронина в крови белых крыс и за ее пределами процесс регуляции скорости потребления кислорода характеризуется высокой степенью нестабильности, что свидетельствует об изменении параметров гомеостатической тиреоидной регуляции уровня общего обмена.

Важным показателем вариационных рядов является параметр соответствия значений совокупностей нормальному закону распределения. Оказалось, что характер распределения значений совокупности для скорости потребления кислорода у крыс с эутиреоидным статусом описывается нормальным законом. Так, для  $P=0,95$  и  $k=35$   $\chi^2_{\text{fact}}(5,87) < \chi^2_{\text{st}}(7,8)$ , т.е. нулевая гипотеза сохраняется. Для второй совокупности (рис.3, гипертиреоидная группа) при  $P=0,95$  и  $k=5$   $\chi^2_{\text{fact}}(2,07) < \chi^2_{\text{st}}(11,1)$ , т.е. нулевая гипотеза также сохраняется. Как видно, новый установившийся уровень скорости потребления кислорода ( $28,7 \pm 0,56$  мл/кг мин) после 4-х кратных предварительных инъекций трийодтиронина, характеризуется теми же параметрами распределения значений в совокупности, что и у контрольных, эутиреоидных, крыс. По-видимому, условие сохранения закона нормального распределения значений в совокупности является важным признаком установления нового стационарного состояния регуляции уровня основного обмена, в том числе при формировании патофизиологических механизмов тиреоидной природы.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что в гомеостатической регуляции энергетического обмена в пределах нормы важное значение принадлежит одному из гормонов щитовидной железы — свободному трийодтирону. В рамках физиологических концентраций трийодтиронина гомеостатическая регуляция функции осуществляется с достаточно высокой степенью точности и в соответствии с принципом положительной связи. При

достижении уровня трийодтиронина крайней верхней точки нормы (правой на «шкале концентраций») тиреоидная регуляция постепенно переходит на патофизиологический путь, что проявляется, в частности, в утере точности гомеостатического поддержания скорости потребления кислорода. При формировании состояния экспериментального гипертиреоза путем предварительного экзогенного введения трийодтиронина скорость потребления кислорода у белых крыс устанавливается на новом стационарном уровне, однако его поддержание осуществляется с большими показателями вариабельности. Тем не менее, характер распределения значений в «новой» совокупности не изменяется и описывается нормальным законом распределения.

### ВЫВОДЫ

1. В рамках физиологических концентраций циркулирующего трийодтиронина гомеостатическая регуляция уровня основного обмена у белых крыс осуществляется с достаточно высокой степенью точности и в соответствии с принципом положительной пропорциональной связи.
2. При достижении уровня циркулирующего трийодтиронина верхней границы нормы «шкалы концентраций» тиреоидная регуляция скорости потребления кислорода переходит на патофизиологический путь, что проявляется в утрате точности гомеостатического поддержания основного обмена.
3. При экспериментальном гипертиреозе скорость потребления кислорода у белых крыс устанавливается на новом стационарном уровне при больших показателях вариабельности; характер распределения значений в «новой» совокупности не изменяется и описывается нормальным законом распределения.

**Перспективы дальнейших исследований** связаны с последующим изучением характера связи между показателями интенсивности основного обмена и уровнем циркулирующих тиреоидных гормонов при различных моделях экспериментального гипертиреоза и тиреотоксикоза

### Список литературы

1. Болезни щитовидной железы / Ред. Л.И. Браверман. – Москва: Медицина. – 2000. – 250 с.
2. Валдина Е.А. Заболевания щитовидной железы (2-е изд.) / Е.А. Валдина. – СПб: Питер, 2001. – 416 с.
3. Гольбер Л.М. Гипертиреоз и симпатoadреналовая система / Гольбер Л.М., Кандрор В.И., Крюкова В.И. – М.: АН СССР, 1978. – 100 с.
4. Соболев В.И. Состояние некоторых адренергических реакций при экспериментальном гипертиреозе / В.И. Соболев // Проблемы эндокринологии. – 1981. – Т.27, №5. – С.63–69.
5. Соболев В.И. Состояние некоторых физиологических реакций, стимулируемых изадринном, в процессе развития экспериментального гипертиреоза у белых крыс / В.И. Соболев, Низар Осман // Проблемы эндокринологии. – 1997. – С.43–46.
6. Sobolev V.I. Influence of alpha- and beta-adrenoblockers on the calorogenic effect of epinephrine on the rats with experimental hyperthyroidism / V.I. Sobolev // Neurosci. Behav. Physiol. (USA). – 1981. – V.11, №4. – P. 389–391.
7. Султанов Ф.Ф. Гормональные механизмы температурной адаптации / Ф.Ф. Султанов, В.И. Соболев. – Ашхабад: Ылым, 1991. – 214 с.

**Станішевська Т.І. Характеристика рівня загального обміну у білих щурів за межами верхньої порогу норми циркулюючого трийодтироніну / Т.І.Станішевська, В.І.Соболев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 105-112.**

Після досягнення рівня трийодтироніну верхньої межі норми регуляція загального обміну порушується, що виражається у втраті точності його підтримки; за експериментального гіпертиреозу швидкість споживання кисню встановлюється на новому стаціонарному рівні і великих показниках варіабельності; характер розподілу значень в «новій» сукупності описується нормальним законом розподілу.

**Ключові слова:** гіпертиреоз, регуляція загального обміну, характер розподілу сукупностей.

**Stanishevskaya T.I. Character of the level of basic metabolism of the white rats outside of the high limit of norm of circulatory triiodothyronine / T.I. Stanishevskaya, V.I. Sobolev // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 105-112.**

The regulation of basic metabolism is being broken down at achievement of the level of triiodothyronine of the high verge of the norm, that is being manifested by the loss of the precision of its maintenance; the speed of oxygen's consumption at experimental hyperthyroidism is being settled on the new stationary level with the more large indexes of variation; the character of distribution of the values in the «new» totality is being described by the normal law of distributing.

**Keywords:** hyperthyroidism, regulation of basic metabolism, character of distribution of values' totalities.

*Поступила в редакцію 01.04.2010 г.*



**УДК 612.014.46**

## **ЗАВИСИМОСТЬ ВЛИЯНИЯ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЁ СОЛЕЙ НА НЕЙРОНЫ УЛИТКИ ОТ СОСТОЯНИЯ КАЛЬЦИЕВОЙ СИСТЕМЫ**

*Чертаев И.В., Хусаинов Д.Р., Коренюк И.И., Гамма Т.В.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: 5612178@ukr.net*

В статье приведены результаты исследований зависимости нейротропных эффектов салициловой кислоты и салицилатов кобальта и цинка от состояния кальциевой системы нейронов улитки. В первой серии экспериментов для блокады входящего кальциевого тока использовали хлорид кадмия, а во второй с помощью хлорида бария блокировали входящий кальциевый ток и выделение кальция из внутриклеточного депо. Показано, что нейротропные эффекты салициловой кислоты и её солей не зависят от концентрации ионов кальция в цитоплазме нервной клетки.

**Ключевые слова:** нейроны моллюсков, салициловая кислота, салицилаты, кальций.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Выяснение механизмов действия различных фармакологических веществ на нейроны является актуальной задачей современной нейронауки. В проведённых ранее исследованиях показано нейротропное воздействие салициловой кислоты и её солей на нервную систему [1, 2], но механизм этого влияния полностью не был раскрыт. Считается, что значительную роль в регуляции импульсной активности нейронов играют ионы кальция, которые регулируют ионную проницаемость клеточных мембран и обуславливают их возбудимость [3, 4]. Источником кальция в нейронах являются его поступление через каналы плазмалеммы (входящий кальциевый ток) и высвобождение из внутриклеточного депо при входе в клетку натрия, кальция или под действием инозитолтрифосфата [3, 5-8].

Исходя из вышеизложенного, целью настоящей работы явилось изучение зависимости нейротропных эффектов воздействия салициловой кислоты и её солей — салицилата кобальта (СК) и цинка (СЦ) от состояния кальциевой системы нервной клетки.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Эксперименты были выполнены на 15 идентифицированных и 28 неидентифицированных клетках висцерального (ВГ) и правого париетального ганглиев (ППаГ) улитки *Helix albescence* Rossm. После извлечения окологлоточного нервного кольца из тела улитки, его фиксировали в экспериментальной камере вольфрамовыми иглами. Наружные соединительнотканые оболочки удалялись механическим путём без ферментативной обработки, так как фермент изменяет

активность различных мембранных структур и функциональное состояние клетки. Исследования проводились при температуре 18 – 21<sup>0</sup>С. Комплекс ганглиев моллюска постоянно омывался протоком раствора Рингера для холоднокровных следующего состава (в миллимолях на 1 литр): NaCl – 100, KCl – 4, CaCl<sub>2</sub> – 10, MgCl<sub>2</sub> – 4, трис-HCl – 10 (pH 7,5).

Измерения электрической активности нейронов проводились с помощью стандартного метода внутриклеточного отведения биопотенциалов [8] по программе «фон – аппликация – отмывание». На интактные препараты подглоточного комплекса ганглиев улитки апплицировали путём перфузии как индивидуальные растворы СК, СЦ, салициловой кислоты ( $0,5 \cdot 10^{-3}$  М и  $0,5 \cdot 10^{-4}$  М), так и комплексные растворы салицилатов и салициловой кислоты с хлоридом кадмия ( $0,5 \cdot 10^{-3}$  М и  $0,5 \cdot 10^{-4}$  М) или с хлоридом бария ( $0,5 \cdot 10^{-3}$  М и  $0,5 \cdot 10^{-4}$  М). Исследуемые вещества разводились до нужной концентрации раствором Рингера. Анализу были подвергнуты следующие параметры электрической активности нейронов: уровень мембранного потенциала (МП), критический уровень деполяризации (КУД), частота генерации импульсов (ЧГИ), амплитуда потенциала действия (ПД), длительность его фаз деполяризации и реполяризации, амплитуда и длительность следовой гиперполяризации (СГ).

Обработка результатов проводилась с использованием стандартных методов статистики ( $p < 0.05$ ).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

### **Эффекты салициловой кислоты и салицилатов при блокаде входящего кальциевого тока хлоридом кадмия**

В первой серии экспериментов для блокады входящего кальциевого тока использовался блокатор – хлорид кадмия [8, 10, 11]. При воздействии как индивидуального  $0,5 \cdot 10^{-3}$  М раствора салициловой кислоты, так и в комплексе с CdCl<sub>2</sub> у фоновоактивных клеток ППаГ (ППа1, ППа7) наблюдалась гиперполяризация мембраны и прекращение генерации потенциалов действия (ПД), мембранный потенциал (МП) увеличивался в среднем до  $-85 \pm 2,2$  мВ. Частота генерации импульсов (ЧГИ) под влиянием салициловой кислоты уменьшилась в 2-2,5 раз по сравнению с фоновой, а после аппликации комплексного раствора той же кислоты её значения существенно не изменились. При отмывании у всех нейронов восстанавливались показатели исходного МП, но параметры ПД значительно отличались от фоновых (увеличивалась продолжительность и уменьшалась амплитуда ПД).

Салициловая кислота у неидентифицированных нейронов ВГ вызывала гиперполяризацию их мембраны до  $-80 \pm 4$  мВ. В некоторых случаях наблюдалось полное угнетение генерации ПД. После аппликации  $0,5 \cdot 10^{-3}$  М раствора салициловой кислоты с хлоридом кадмия существенных изменений параметров МП, КУД, длительности ПД и СГ по сравнению с эффектами салициловой кислоты не происходило. После отмывания восстанавливался фоновый уровень МП

Эффекты индивидуальных и комплексных с CdCl<sub>2</sub> растворов салициловой кислоты в концентрации  $0,5 \cdot 10^{-4}$  М существенно не отличались между собой: ЧГИ

0,28 и 0,26 Гц соответственно, амплитуда  $46,08 \pm 0,8$  и  $45,72 \pm 1,2$  мВ, МП  $54,11 \pm 0,6$  и  $55,12 \pm 1,5$  мВ. КУД, длительность ПД и СГ также практически не отличались.

Индивидуальные растворы СК и СЦ в концентрации  $0,5 \cdot 10^{-3}$  М вызывали существенное увеличение ЧГИ в 1,5-2 раза и увеличение длительности ПД на  $2,7 \pm 0,4$  и  $2,8 \pm 0,5$  мс соответственно. После замены окружающих ганглий индивидуальных растворов на комплексные существенных изменений электрических параметров не произошло (рис. 1).

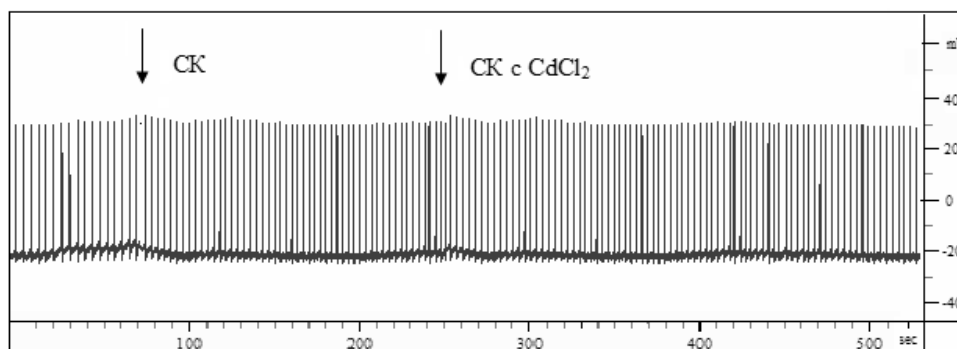


Рис. 1. Эффекты аппликации индивидуального раствора СК и комплексного с хлоридом кадмия ( $0,5 \cdot 10^{-3}$  М). Моменты аппликации растворов отмечены стрелками.

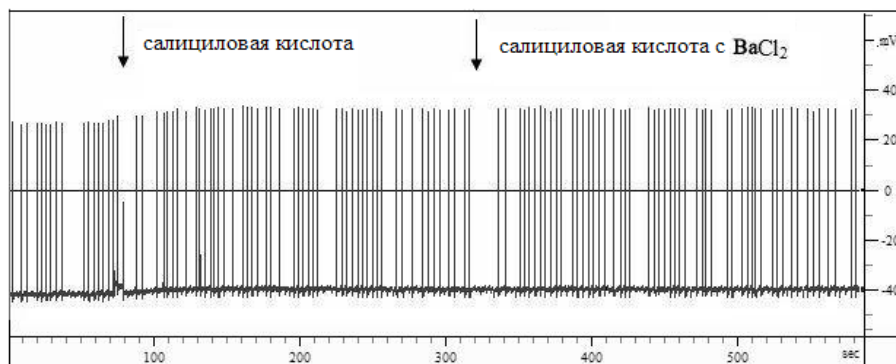
Растворы СК и СЦ в концентрации  $0,5 \cdot 10^{-4}$  М не оказывали видимых эффектов на электрическую активность нейронов улитки. После замены окружающих ганглий растворов СК и СЦ на комплексные растворы этих солей с  $\text{CdCl}_2$  выраженных эффектов также не наблюдалось ( $n=6$  и  $n=6$  соответственно для растворов  $\text{BaCl}_2$  с СК и СЦ).

В серии экспериментов с  $\text{CdCl}_2$  было выяснено, что специфика влияния исследованных салицилатов на электрофизиологическое состояние нейронов практически не изменяется по сравнению с индивидуальными растворами и, следовательно, их нейротропные эффекты слабо связаны с трансмембранным кальциевым током. Но, в данном случае блокада входящего кальциевого тока может компенсироваться за счет выделения кальция из внутриклеточного депо. В связи с этим, во второй серии аналогичных экспериментов мы использовали блокатор входящего кальциевого тока и выделения этого иона из внутриклеточного депо – хлорид бария [12]. Кроме того,  $\text{BaCl}_2$  блокирует выходящий кальций-зависимый калиевый ток.

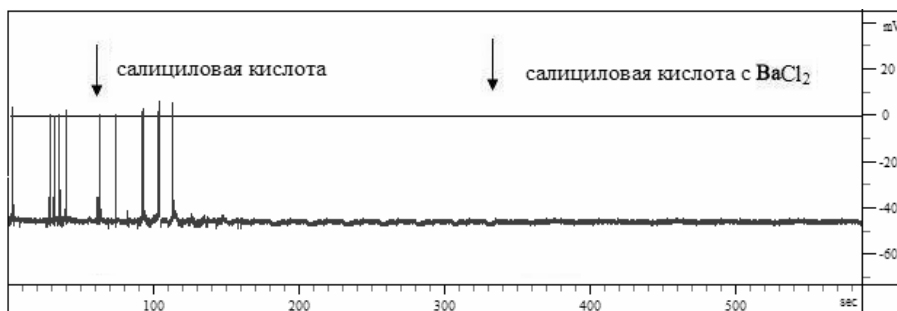
**Эффекты салициловой кислоты и салицилатов при блокаде входящего кальциевого тока и выделения кальция из внутриклеточного депо хлоридом бария**

В концентрации  $0,5 \cdot 10^{-3}$  М салициловая кислота вызывала уменьшение фоновой импульсации в 2-2,8 раз ( $n=8$ ) у неидентифицированных нейронов ВГ (рис. 2, А) либо полное прекращение генерации ПД у идентифицированных

нейронов ППаГ (n=10) (рис. 2, Б). Комплексный раствор  $0,5 * 10^{-3}$  М салициловой кислоты и хлорида бария в обоих случаях не оказывал влияния на частоту импульсации и не восстанавливал её до исходного уровня. Салициловая кислота в концентрации  $0,5 * 10^{-4}$  М незначительно уменьшала частоту импульсации (в 0,2 раза), при этом наблюдалась тенденция к увеличению времени нарастания ПД (на  $0,7 \pm 0,2$  мс). При замене окружающего ганглий раствора на «коктейль» салициловой кислоты с хлоридом бария ( $0,5 * 10^{-4}$  М) наблюдалось увеличение частоты ПД в 1,5 раза у нейронов ВГ (n=14), либо тенденция к уменьшению в нейронах ППаГ (n=15).



А



Б

Рис. 2. Эффекты аппликации индивидуального раствора салициловой кислоты и комплексного с хлоридом бария ( $0,5 * 10^{-3}$  М). Моменты аппликации растворов отмечены стрелками.

СК и СЦ вызывали увеличение частоты генерации и длительности ПД на  $2,9 \pm 0,5$  мс ПД в 1,5-2,5 раза (n=8 и n=7 соответственно для СК и СЦ) в концентрации  $0,5 * 10^{-3}$  М. Эффекты индивидуальных и в комплексе с хлоридом бария растворов салициловой кислоты в концентрации  $0,5 * 10^{-3}$  М существенно не отличались между собой (n=8 и n=7 соответственно для растворов  $BaCl_2$  с СК и СЦ) (рис. 3): ЧГИ 0,27 и 0,25 Гц соответственно, амплитуда  $45,48 \pm 0,8$  и  $44,02 \pm 0,7$  мВ, МП  $52,61 \pm 0,5$  и  $52,52 \pm 0,6$  мВ. КУД, длительность ПД и СГ также практически не отличались.

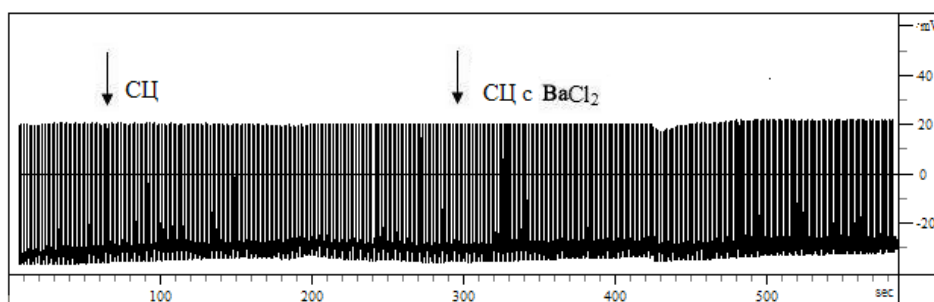


Рис. 3. Эффекты аппликации индивидуального раствора салицилата цинка и в комплексе с хлоридом бария. Моменты аппликации растворов отмечены стрелками.

Растворы СК и СЦ в концентрации  $0,5 \cdot 10^{-4}$  М не оказывали эффектов на фоновый уровень электрической активности. После замены окружающего ганглий раствора СК на комплексный раствор  $\text{BaCl}_2$  с СК наблюдалось увеличение частоты генерации ПД, а раствор СЦ с  $\text{BaCl}_2$  практически не вызвал изменений ( $n=6$  и  $n=6$  соответственно для растворов  $\text{BaCl}_2$  с СК и СЦ).

Выявленные незначительные отличия в эффектах индивидуальных и комплексных растворов салицилатов вероятно обусловлены влиянием хлорида бария, а не салицилатов. В литературе есть данные о снижении хлоридом бария ЧГИ, амплитуды ПД, величины МП [4, 5].

Таким образом, результаты настоящего исследования показали, что нейротропные эффекты салициловой кислоты и её солей — СК и СЦ — не зависят от концентрации ионов кальция в цитоплазме нервной клетки. Однако, возможно, что уменьшение поступления кальция в цитоплазму компенсируется иными механизмами, не связанными с применяемыми блокаторами, например с работой натрий-кальциевых обменников, зависящих от концентрации ионов натрия по обе стороны мембраны [6]. При деполяризации мембраны благодаря поступлению ионов  $\text{Na}^+$  внутрь клетки натрий-кальциевые обменники работают в режиме обратного цикла, способствуя выводу ионов натрия и накоплению  $\text{Ca}^{2+}$  в клетке.

## ВЫВОД

Нейротропные эффекты салициловой кислоты и её солей — СК и СЦ — не зависят от концентрации ионов кальция в цитоплазме нейронов улитки. Возможно, что поступление кальция в цитоплазму компенсируется иными механизмами, не связанными с применяемыми блокаторами.

## Список литературы

1. Коренюк И.И. Влияние салициловой кислоты и ее солей на электрическую активность нейронов виноградной улитки / И.И. Коренюк, Д.Р. Хусаинов., В.Ф. Шульгин // *Нейрофизиология / Neurophysiology* – 2005. – Т.37, № 2. – С.142–150.
2. Коренюк И.И. Салицилаты кобальта и цинка как функциональные аналоги иницирующего фактора в нервной системе моллюска / И.И. Коренюк, Д.Р. Хусаинов, В.Ф. Шульгин // *Нейрофизиология / Neurophysiology* – 2006. – Т. 38, № 1. – С. 11–18.

3. Berridge M.J. Neuronal calcium signaling / M.J. Berridge // *Neuron*. – 1998. – № 1. – P. 13–18.
4. Костюк П.Г. Кальций и клеточная возбудимость / П.Г. Костюк – М.: Наука, 1986. – 256 с.
5. Механизмы изменения концентрации ионов кальция в цитоплазме нейронов виноградной улитки с участием внутриклеточных кальциевых депо / П.Г. Костюк, А.В. Тепикин, П.В. Белан [и др.] // *Биол. мембраны*. – 1987. – Т. 4, № 9. С. 932–936.
6. От нейрона к мозгу / Д.Г. Николлс, А.Р. Мартин, Б.Д. Валлас, П.А. Фукс – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 672 с.
7. Зефиоров А.Л. Ионные каналы нервного окончания / А.Л. Зефиоров, Г.Ф. Ситдикова // *Успехи физиол. наук*. – 2002. – Т. 33, № 4. – С. 3–33.
8. Ion channels in presynaptic nerve terminals and control of transmitter release / A. Meir, S. Ginsburg, A. Butkevich [et al.] // *Physiol. Rev.* – 1999. – V. 79, № 3. – P. 1019–1088.
9. Kononenko N.I. Modulation of endogenous electrical activity of the bursting neuron in the snail *Helix pomatia* / N.I. Kononenko // *Neurosci.* – 1979. – V. 4, № 12. – P. 307–313.
10. Кононенко Н.И. Влияние ионов кадмия на пачечную электрическую активность идентифицированного нейрона виноградной улитки / Н.И. Кононенко, О.Н. Осипенко // *Нейрофизиология / Neurophysiology* – 1983. – Т. 15, № 3. – С. 2047–2054.
11. Костюченко О.В. Эндогенная пейсмекерная активность изолированных нейронов моллюска / О.В. Костюченко, И.И. Коренюк // *Учёные записки ТНУ, серия «Биология, химия»*. – 2000. – Т. 2, № 13. – С. 34–41.
12. Усачёв Ю.М. Действие ионов стронция и бария на системы связывания и транспорта кальция в нервных клетках / Ю.М. Усачёв, С.Л. Миронов // *Нейрофизиология / Neurophysiology* – 1989. – Т. 21, № 6. – С. 820–826.

**Черетаев И.В. Залежність ефектів саліцилової кислоти та її солей на нейрони равлика від стану кальцієвої системи / I.V. Cheretayev, D.R. Husainov, I.I. Korenjuk [et al.] // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”*. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 113–118.**

У статті приведені результати досліджень залежності нейротропних ефектів саліцилової кислоти та саліцилатів кобальту й цинку від стану кальцієвої системи нейронів равлика. У першій серії експериментів для блокування вхідного кальцієвого струму використовували хлорид кадмію, а в другій за допомогою хлориду барію блокували вхідний кальцієвий струм і виділення кальцію із внутрішньоклітинного депо. Показано, що нейротропні ефекти саліцилової кислоти та її солей не залежать від концентрації іонів кальцію в цитоплазмі нервової клітини.

**Ключові слова:** нейрони моллюсків, саліцилова кислота, саліцилати, кальцій.

**Cheretayev I.V. Dependence of effects of salicylic acid and its salts on the neurons of snail from the state of calcium system / I.V. Cheretayev, D.R. Husainov, I.I. Korenjuk [et al.] // *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry*. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 113–118.**

The article is about of dependence neurotropic effects of salicylic acid and salicylates cobalt and zinc from a state of calcium system snail's neurons In the first series of experiments for blockage of entering calcium current used cadmium chloride, and in the second by means of barium chloride quenched entering calcium current and allocation of calcium from endocellular depot. It is shown, that neurotropic effects of salicylic acid and its salts are not depend from concentration of calcium ions in cytoplasm of the excitatory cage.

**Keywords:** neurons of mollusc, salicylic acid, salicylates, calcium.

*Поступила в редакцію 23.03.2010 г.*

**УДК 591.51**

**АКУСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МАТЕРИ И ДЕТЕНЬША ДЕЛЬФИНА  
АФАЛИНА (*TURSIOPS TRUNCATUS PONTICUS BARABASCH*) В РАННЕМ  
ОНТОГЕНЕЗЕ В УСЛОВИЯХ ОКЕАНАРИУМА**

*Чечина О.Н., Кебкел К.Г., Кондратьева Н.Л.*

*Научно-исследовательский центр «Государственный океанариум» Украины, Севастополь,  
Украина  
E-mail: chechina0001@mail.ru*

Изучена акустическая активность матери и родившегося в океанариуме детеныша афалины *Tursiops truncatus* (возраст 1,5 месяца) в процессе их синхронного и одиночного плавания, отдыха, ориентировочно-исследовательского поведения, а также в процессе кормления тренером самки рыбой. Сигналы дельфинов записывались в цифровом виде на аудио-дорожку видеокамеры в процессе видеосъемки элементов поведения дельфинов. В результате проведенных исследований выделено 16 типов акустических сигналов, 8 из которых в свою очередь подразделены на подтипы. Выявлено изменение частоты встречаемости тех или иных видов сигналов в определенных обстоятельствах. Полученные данные свидетельствуют о разнообразии акустических сигналов в процессе взаимодействия матери и детеныша, а также связи акустической активности с формой их взаимодействия.

**Ключевые слова:** дельфин, поведение, акустическая активность.

**ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что дельфины афалины (*Tursiops truncatus*) имеют сложную акустическую коммуникативную систему. Наблюдения за дельфинами в естественной среде обитания и дельфинариях выявили существование корреляции между акустической активностью и поведением животных [1, 2]. Но описание акустической коммуникативной системы находится еще на ранней стадии, а данные по вопросу коммуникации матери и детеныша особенно немногочисленны и разрозненны. Известно, что детеныш после рождения держится около матери, плавает рядом с ней, узнает ее, находит сосок. Узнавание матери может осуществляться посредством акустических сигналов, которые она издает [3]. У афалин мать новорожденного производит очень большое число свистов, что должно создавать сильный акустический стимул для импринтинга. В работе [2] представлены сведения о важности акустических сигналов в общении матери и новорожденного, где сообщается, что в случае разлуки с детенышем мать может почти непрерывно издавать свистовые сигналы до тех пор, пока тот не вернется. Кроме того, известно, что взаимодействие матери и детеныша афалины может длиться годами [3, 4]. В связи с этим особый интерес представляют сведения об их акустической активности, как средстве поддержания контакта.

Цель настоящей работы — исследование акустической активности матери и детеныша дельфина афалина (*Tursiops truncatus*) в процессе их взаимодействия в различных ситуациях.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение акустической активности дельфинов осуществлялось в Государственном океанариуме Украины. Для проведения работ был выбран период раннего постнатального онтогенеза детеныша дельфина, во время которого формируется его акустическое поведение.

Детеныш дельфина афалины (*Tursiops truncatus*) был рожден в условиях неволи и содержался вместе с матерью в открытом вольере. Такие условия содержания позволяли проводить запись элементов поведения матери и детеныша одновременно с регистрацией акустических сигналов в процессе их взаимодействия в различных ситуациях. Возраст детеныша в период проведения работы составлял 1,5 месяца.

Акустические сигналы записывались в разнообразных поведенческих ситуациях, в частности, в процессе синхронного плавания матери и детеныша, одиночного плавания, отдыха, ориентировочно-исследовательского поведения, а также при кормлении тренером самки рыбой.

Акустический материал, представленный ниже, получен при анализе продолжительного фрагмента видео- и акустической информации (в течение 57 минут). Акустический тракт состоял из широкополосного гидрофона 2-40 кГц с неравномерностью принимающей АЧХ не более  $\pm 3$  дБ. Предусилитель гидрофона содержал полосно-пропускающий фильтр с полосой пропускания 2-30 кГц. Частота оцифровки усиленного сигнала составляла 48 кГц. Принимающий гидрофон располагался в отсеке на глубине 2 м при глубине места измерений около 4,5 м. Для отображения сигналов записанная в цифровом виде последовательность (аудиодорожка) импортировалась в рабочее пространство программы Matlab. Отображение сигналов выполнялось с помощью стандартных средств программы Matlab в виде сонограмм.

Звуковые эмиссии дельфинов разбивались условно на две группы. Первая группа содержала локационные сигналы, состоящие из одиночных, коротких импульсов или целых серий таких импульсов. Вторая группа содержала разнообразные свисты, обычно называемые коммуникационными сигналами, и состояла из одиночных свистов или из продолжительных серий непрерывных или прерывающихся свистовых фрагментов. Для последующего анализа вторая группа сигналов представляла наибольший интерес.

Анализ выполнялся в отношении спектральных и временных структур свистов, при этом регистрировались следующие параметры: продолжительность, верхняя и нижняя частоты сигнала, форма огибающей частотной модуляции. По формам частотной огибающей сигналы причислялись к тому или иному контуру. Кроме того, оценивались также частота встречаемости сигналов и коэффициент заполнения временного интервала наблюдения. Частота встречаемости сигналов определялась как отношение числа зарегистрированных сигналов к длительности



эпизода наблюдения, а коэффициент заполнения как отношение суммарной длительности данных сигналов к длительности эпизода наблюдения.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Систематизация свистов.** В течение 57-минутной записи общее количество зарегистрированных свистов составило 452. На Рис. 1 представлены формы зарегистрированных контуров.

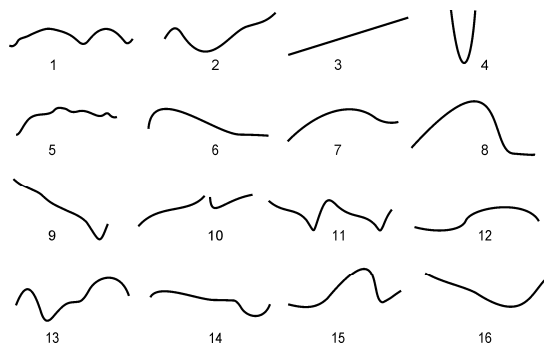


Рис. 1. Формы акустических сигналов, издаваемых дельфином (объяснение в тексте).

Общее число форм — 16. Большая часть контуров имела несколько разновидностей. Эти разновидности характеризовались несколько отличающимися частотами и продолжительностями. Контур, причисленный к одной разновидности, характеризовались устойчивыми значениями длительности излучения и занимаемых частот.

Структура любой свистовой реализации содержала, как правило, основной тон, имеющий характерный рисунок изменения частоты, и несколько гармонических компонентов. Частота основного тона обычно находилась в пределах 4-22 кГц. С увеличением частоты энергетический уровень компонента существенно снижался (в среднем на 16 дБ на октаву). Кроме того, флуктуации вокруг среднего достигали почти 50% измеряемой величины. Такая большая разница уровней может объясняться, с одной стороны, модуляцией компонентов, производимой дельфинами при коммуникации и, с другой стороны, изменением направления излучения сигналов при движении дельфинов (девиацией от осевого направления на приемный гидрофон).

Этолого-акустическое описание различных типов поведения дельфинов. Характеристики акустической активности матери и детеныша при различных типах поведения представлены в Табл. 1.

Как следует из таблицы, каждый тип поведения характеризовался определенным набором сигналов, частотой воспроизведения каждого из них, а также суммарной длительностью передаваемых сигналов (коэффициентом заполнения интервала наблюдения). Например, для такого поведенческого

элемента, как синхронное плавание матери и детеныша (спокойное движение дельфинов в акватории отсека), характерны акустически разнообразные типы сигналов, а также наибольшая частота воспроизведения и наибольший коэффициент заполнения интервала наблюдения.

**Таблица 1.**  
**Характеристики акустической активности матери и детеныша при различных типах поведения**

Тип поведения	Типы сигналов	Частота воспроизведения	Коэффициент заполнения
Синхронное плавание	1-10, 11, 13	0,232	0,242
Одиночное плавание	6, 8, 9, 11	0,108	0,088
Отдых	4	0,006	0,006
Ориентировочное поведение на водолаза	2-4, 6, 8, 9, 15, 16	0,108	0,078
Ориентировочное поведение	1-4, 6, 8, 11	0,135	0,110
Кормление матери	2, 3, 4, 11	0,108	0,121
Тактильный контакт тренера с матерью	1-4, 7-9, 11	0,074	0,084

Одиночное плавание детеныша на расстоянии нескольких метров от матери сопровождалось меньшим количеством типов сигналов (6, 8, 9 и 11). Частота воспроизведения и коэффициент заполнения были значительно меньше, чем при синхронном плавании.

Отдых (зависание у поверхности воды в горизонтальной позе) характеризовался исключительно слабой акустической активностью. Лишь изредка регистрировались единичные сигналы типа 4.

Ориентировочное поведение матери и детеныша на различные раздражители в водной среде проявлялось поворотом головы в сторону раздражителя и сопровождалось наличием различных сигналов, включая типы 1-4, 6, 8 и 11, с высокими значениями частоты воспроизведения сигналов и коэффициента заполнения интервала наблюдения. При ориентации на водолаза, кроме вышеперечисленных сигналов, присутствовали сигналы типа 15, 16.

Акустическая активность матери и детеныша в ситуации кормления матери тренером и ситуации тактильного контакта тренера с матерью характеризовалась тем, что во второй ситуации разнообразие типов сигналов было большим, чем в первом, а частота воспроизведения сигналов и коэффициент заполнения, наоборот, имели значительно меньшие значения.

В целом, анализ полученных сигналов показал, что ни одна из выделенных форм сигналов не являлась строго приуроченной к какой-либо ситуации. Однако, частота воспроизведения сигналов и коэффициент заполнения менялись при

переходе от одной ситуации к другой. Кроме того, в разных ситуациях одни формы контуров встречались чаще, другие реже. Частоты встречаемости всех зарегистрированных форм представлены на Рис. 2.

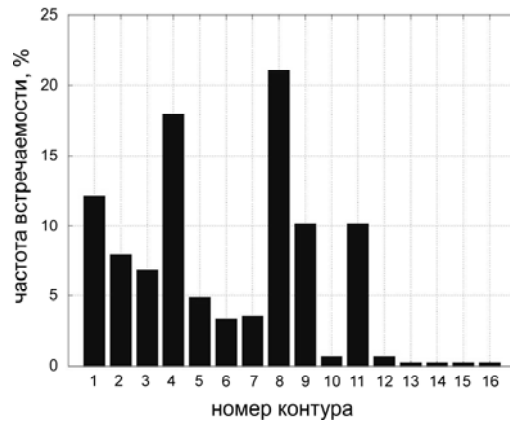


Рис. 2. Частота встречаемости контуров свистов (по типам).

Как следует из рисунка, более половины из всех зарегистрированных сигналов имели контуры 1, 4 и 8.

Наиболее разнообразные сигналы зарегистрированы при совместном плавании и во время ориентировочно-исследовательского поведения; наименьшая акустическая активность у животных наблюдалась при отдыхе в статической горизонтальной позе.

Одновременное излучение контуров разными дельфинами. При проведении подробного анализа записей зарегистрирован ряд фрагментов, содержащих контуры одной разновидности, поступающие на прием одновременно или пересекаясь во времени (рис. 3).

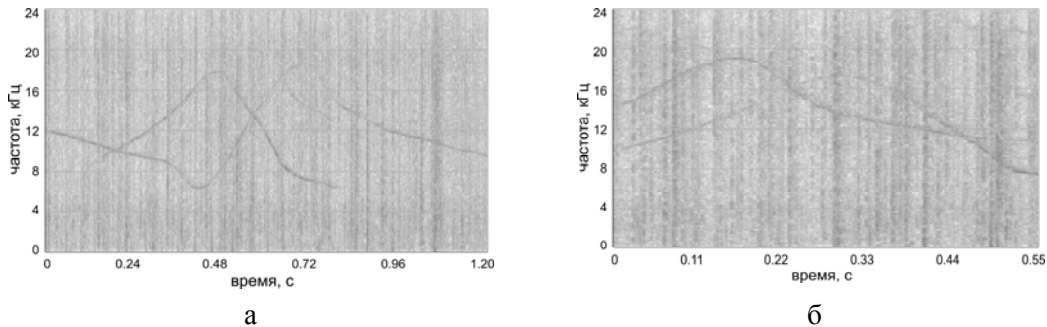


Рис. 3. Образец одновременного излучения контуров одного типа разными дельфинами (а - вариации контура №8, б - контура №11).

Поскольку один дельфин не в состоянии излучать одновременно два сигнала с различными контурами, можно утверждать, что контуры принадлежат двум разным дельфинам.

На всех сонограммах, содержащих контуры одного типа, соответствующие сигналы имели одинаковую продолжительность, но были несколько смещены по отношению друг к другу вдоль оси частот. Эти примеры регистрируют тот факт, что дельфины могут использовать для коммуникации свисты с одинаковыми контурами, но с незначительными индивидуальными вариациями. Факты небольшой вариации параметров однотипных частотных контуров наблюдали также и другие авторы [5-7], однако, зарегистрированные факты одновременного излучения однотипных контуров с индивидуально-специфическими вариациями параметров публикуется впервые. Поскольку условия проведения исследований позволяли отделить сигналы дельфинов, находящихся в интересующем отсеке, от сигналов дельфинов из других (удаленных) отсеков, можно утверждать, что зарегистрированные сигналы излучались матерью и детенышем. Из представленных сонограмм следует, что детеныш повторял свист матери.

Дискретность параметров свистов. Ниже представлен анализ статистического распределения наблюдаемых параметров, характеризующих наиболее репрезентативные формы контуров. В частности, это контуры 1, 4 и 8, встречающиеся наиболее часто (более 50 % из всех зарегистрированных сигналов).

Из-за различий в индексе направленности сигнала дельфина на разных частотах, при неосевой ориентации дельфина на гидрофон нижние частоты сигнала регистрируются лучше (с большим отношением сигнал/шум), чем верхние. Поэтому, для избежания артефактов, сравнение сигналов выполнялось по значению нижней частоты диапазона, занятого сигналом.

Оказалось, что наблюдаемый параметр (нижняя частота диапазона) имеет бимодальное статистическое распределение (рис. 4а, 4б, 4с).

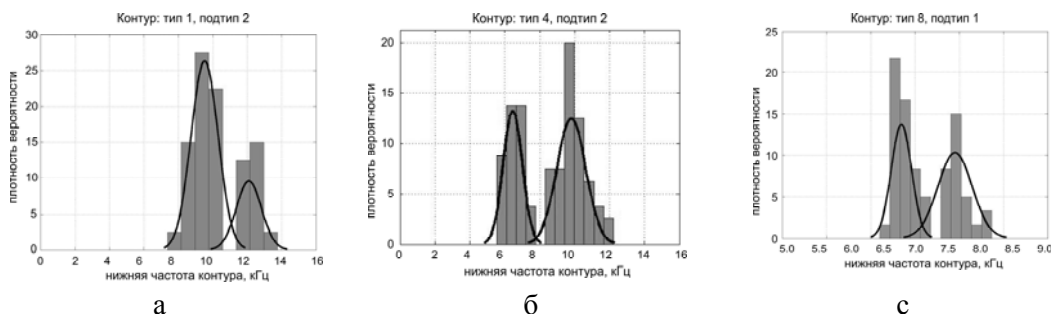


Рис. 4. Статистическое распределение наблюдаемого параметра (нижняя частота) контуров 1, 4 и 8 (соответственно 4а, 4б, 4с).

На Рис. 4 четко выделяются две моды. Таким образом, анализ значительного по объему статистического материала также указывает на тот факт, что одна и та же разновидность контура может характеризоваться несколькими дискретными наборами параметров. Следует предположить, что каждому из дельфинов может

быть поставлена в соответствие собственная мода (собственный максимум). Другими словами, каждый из дельфинов при излучении однотипных сигналов «предпочитает» использовать собственный набор параметров, несколько смещенный по отношению к набору параметров, характерному для другого дельфина (или другим дельфинам).

Распределение представляет одну из количественных мер, описывающих индивидуальные вариации характерных для одного определенного стада сигналов отдельными особями стада. В литературе сигналы, характерные для одного определенного стада, называют стадо-специфическими. Для иллюстрации функции таких сигналов приведем следующее наблюдение. В эксперименте Fish J.F., Linge G.E. [6] самец пятнистого дельфина, доминирующий в стаде, обосновавшимся в водах Oahu, Гавайи, был отловлен, и его свистовую активность во время пленения удалось записать на магнитную ленту. Спустя неделю записи были воспроизведены тому же стаду, что вызвало бегство животных. Однако, когда эти записи были воспроизведены другому стаду животных данного вида, но обосновавшемуся около одного из удаленных Гавайских островов, они вызвали у дельфинов реакцию приближения, а не тревоги. Очевидно, вариации в сигнале “чужака” не несли передаваемой информации, поскольку опорные характеристики его сигнала не были знакомы животным другого стада (сигнал не ассоциировался с членом группы).

Поскольку зарегистрированные нами сигналы принадлежат матери и детенышу, они являются сигналами, специфичными для стада, из которого происходит самка. В таком случае, вариации сигналов, состоящие в использовании каждым из двух дельфинов собственного (дискретного) набора параметров, относятся к вариациям стадо-специфических сигналов.

Проводя аналогии с техникой, такие индивидуальные вариации стадо-специфических сигналов могут использоваться для передачи информации, например о состоянии отправителя, его действиях и прочее, в то время, как собственно стадо-специфические сигналы, опознаваемые всеми особями стада, несмотря на индивидуальные вариации, могут служить в качестве «акустического моста», соединяющего особи одного и того же стада между собой. Стадо-специфические сигналы с опорными характеристиками, известными членам одного стада, напоминают в технике несущие сигналы, «известные» приемнику и передатчику в качестве опорных. Индивидуальные вариации стадо-специфических сигналов напоминают модуляцию опорного сигнала в технике, т.е. модификацию параметров опорного сигнала в соответствии со значением текущего символа данных.

## ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований акустической активности матери и детеныша выделено 16 типов акустических сигналов, 8 из которых в свою очередь подразделены на подтипы.
2. Ни одна из выделенных форм сигналов матери и детеныша не являлась строго приуроченной к какой-либо ситуации, однако уровень акустической активности заметно изменялся при переходе от одной поведенческой ситуации к другой.

3. Наиболее разнообразные сигналы зарегистрированы во время ориентировочно-исследовательского поведения и синхронного плавания матери и детеныша, а при отдыхе акустическая активность была чрезвычайно низкой. Полученные данные свидетельствуют о разнообразии акустических сигналов в процессе взаимодействия матери и детеныша, а также связи уровня акустической активности с формой их взаимодействия.
4. Установлено, что сигналы одного и того же типа могут воспроизводиться дельфинами одного стада с индивидуальными вариациями. При этом параметры каждого стадо-специфического сигнала могут иметь мультимодальное распределение (в частности, бимодальное при анализе сигналов, зарегистрированных от двух дельфинов). На основе этого наблюдения можно предположить, что каждый из дельфинов при излучении однотипных сигналов «предпочитает» использовать набор параметров, несколько смещенный по отношению к набору параметров, характерных другому дельфину (или другим дельфинам).

#### Список литературы

1. Белькович В.М. Этолого-акустические корреляты черноморских афалин / В.М. Белькович, Э.А. Хахалкина // Черноморская афалина *Tursiops truncatus ponticus*: Морфология, физиология, акустика, гидродинамика. Москва, 1997. – С. 513–544.
2. McBride A.F. Observations of pregnancy, parturition, post-natal behavior in the bottlenosed dolphin / A.F. McBride, H. Kritzer // *J. Mammal.* – 1951. – 32. – P. 251–266.
3. Tavalga M.C. The behavior of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): mating, pregnancy, parturition and mother-infant behavior / M.C. Tavalga, E.S. Essapian // *Zoologica.* – 1957. – Vol. 42. – P. 11–31.
4. Essapian F. The birth and growth of a porpoise // *Nat. Hist.* – 1953. – 58. – P. 385–392.
5. Brooks R.J. Individual recognition by song in white-throated sparrows. Discrimination of songs of neighbors and strangers / R.J. Brooks, J.B. Falls // *Can. J. of Zoology.* – 1975. – Vol. 53. – P. 879–888.
6. Fish J.F. Responses of spotted porpoises, *Stenella attenuata*, to playback of distress sounds of one of their own kind / J.F. Fish, G.E. Linge // *Proc. 2nd Conf. Biol. Mar. Mammals, San Diego, Dec. 1977.* – P. 34.
7. Tomilin A.G. Cetacea / A.G. Tomilin // *Mammals of the USSR and Adjacent Countries, Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1967.* – Vol. 9. – 717 p.

**Чечина О.М. Акустична активність матері і дитинчати дельфіна афаліни (*Tursiops truncatus ponticus* Barabach) в ранньому онтогенезі в умовах океанаріуму / О.М. Чечина, К.Г. Кебкел, Н.Л. Кондратьєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 119-127.**

Вивчена акустична активність матері і дитинчати афаліни *Tursiops truncatus*, що народилося в океанаріумі, (вік 1,5 місяця) в процесі їх синхронного і одиночного плавання, відпочинку, орієнтовно-дослідницької поведінки, а також в процесі годування тренером самки рибою. Сигнали дельфінів записувалися в цифровому вигляді на аудіо-доріжку відеокамери в процесі відеозйомки елементів поведінки дельфінів. У результаті проведених досліджень виділено 16 типів акустичних сигналів, 8 з яких у свою чергу підрозділені на підтипи. Виявлена зміна частоти зустрічання тих чи інших видів сигналів в певних обставинах. Отримані дані свідчать про різноманітність акустичних сигналів в процесі взаємодії матері і дитинчати, а також зв'язку акустичної активності з формою їх взаємодії.

**Ключові слова:** дельфін, поведінка, акустична активність.

**Chechina O.N. Acoustic activity of a dolphin female and its calf (*Tursiops truncatus ponticus Barabash*) in early ontogenesis in oceanarium conditions / O.N. Chechina, K.G. Kebkal, N.L. Kondratiyeva // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2009. – V.23 (62). – № 1. – P. 119-127.**

We have studied acoustic activity of a *Tursiops truncatus* female and a calf born in oceanarium (6 weeks aged) during their simultaneous and single swimming, rest, orientative-exploratory behavior, as well as feeding the female by a trainer. Dolphin signals were digitally audio-taped during video filming behavior elements. In the result of our researches we've sorted out 16 types of acoustic signals, 8 of which had their sub-types. The change of occurrence frequency in different types due to different conditions is revealed. The results prove diversity of acoustic signals during female-calf interaction as well as relation of acoustic activity with the interaction form displayed.

**Keywords:** dolphin, behavior, acoustic activity.

*Поступила в редакцию 16.04.2010 г.*

**УДК 591.571:612.176+159.943.75**

**ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ У КРЫС С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ  
МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ В УСЛОВИЯХ КОМБИНИРОВАННОГО  
ДЕЙСТВИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ГИПОКИНЕТИЧЕСКОГО И БОЛЕВОГО  
СТРЕССОВ**

*Чуян Е.Н., Горная О.И.*

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

Изучено действие гипокинетического (ГК) стресса на изменение болевой чувствительности у крыс при острой тонической боли. Показано, что хронический стресс на ограничение подвижности оказывает модифицирующее действие на уровень болевой чувствительности крыс при острой тонической боли, однако данный эффект зависит как от продолжительности ограничения подвижности (в ранние сроки ГК стресса отмечалось уменьшение болевой чувствительности, а в более поздние сроки, напротив – увеличение), так и от индивидуально-типологических особенностей животных (наиболее чувствительными к болевому стрессу являются крысы – «левши», а наименее – «правши» и «амбидекстры»).

**Ключевые слова:** моторная асимметрия, болевая чувствительность, поведенческие реакции, формалиновый тест, гипокинетический стресс.

**ВВЕДЕНИЕ**

Многочисленными исследованиями установлена индивидуальная чувствительность и устойчивость человека и животных к экстремальным факторам среды, в частности, к эмоциональному, болевому и другим видам стресса [1-5]. Хорошо известно, что всегда можно обнаружить особей устойчивых и сенситивных к действию стресс-факторов, а один и тот же фактор у различных животных может вызвать разнообразные ответные реакции [4, 6]. При этом усреднение данных демонстрирует отсутствие достоверного эффекта. Поэтому Вальдман А.В. с соавт. [7] подчеркивали важность «моделирования стресса с учетом типологической характеристики животных».

Существование разновидностей адаптационных реакций связывают с их реализацией через «начальные звенья» нервной системы и дальнейшими путями распространения этих влияний [8]. Айропетянц М.Г. и Вейн А.М. [9] высказали предположение о том, что врожденные особенности центральной нервной системы (ЦНС) определяют деятельность организма в чрезвычайных условиях (например, при действии стрессирующих факторов), когда необходимо быстрое изменение функционального состояния организма. Индивидуально-типологические характеристики ЦНС, являющейся одной из самых чувствительных систем к воздействию факторов различной природы и интенсивности, в том числе, и к



экстремальным, и выполняющей ведущую роль в восприятии и формировании системного ответа организма на их действие, находят свое отражение в межполушарной асимметрии (МПА) головного мозга, а, следовательно, и в индивидуальном профиле функциональной асимметрии (ИПФА) человека и животных [10-12].

Изменение поведения на первых этапах адаптации к действию различных экстремальных факторов является даже более интегральным показателем характера ответа на воздействие, чем биохимические и физиологические сдвиги. Однако изменение поведенческих реакций под влиянием стресс-факторов разной природы у животных с разной МПА не изучено. Вместе с тем, выявление взаимосвязи между особенностями латерализации головного мозга и адаптивными возможностями организма позволит понять многие вопросы, связанные с характером индивидуальной реактивности и резистентности организма, как в норме, так и при патологии.

В различных исследованиях была выявлена способность гипокINETического (ГК) стресса модифицировать реакции организма животных на действие факторов различной природы и интенсивности, например, развитие инфекционного процесса [13], воздействие слабых электромагнитных излучений сверхнизкой [14] и крайне высокой частоты [15]. В тоже время модифицирующее влияние ГК стресса на уровень болевой чувствительности у животных остается не изученным.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение модифицирующего действия ГК стресса на изменение болевой чувствительности у крыс с разным профилем моторной асимметрии при экспериментально вызванной тонической соматической боли.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Экспериментальная часть работы выполнена на взрослых белых крысах-самцах линии Вистар массой 180-220 грамм (n=270), полученных из питомника научно-исследовательского института биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина.

Животные предварительно отбирались по критерию моторной латерализации. Моторную асимметрию у крыс, которая отражает асимметрию ЦНС, т.е. доминирование правого (ПрП) или левого полушария (ЛевП) головного мозга [16] определяли с помощью двух методик – тестов «открытое поле» (ОП) и Т-образного лабиринта [16, 17]. После усреднения данных 10-ти повторных опытов вычисляли коэффициент моторной асимметрии (Кас) – показатель предпочтения направления движения, который представляет собой отношение разности правосторонних (П) и левосторонних (Л) пробежек к их сумме, выраженный в процентах:

$$\text{Кас} = (\text{П} - \text{Л}) / (\text{П} + \text{Л}) \times 100\% [18].$$

Положительный знак Кас характеризует правостороннюю моторную асимметрию, отрицательный – левостороннюю. По результатам тестирования все животные были разделены на 3 группы: «правши» (Кас>20), «левши» (Кас<-20) и «амбидекстры» (-20<Кас<20). Эксперименты проводили через две недели после формирования однородных групп.

В экспериментальном исследовании изучалось модифицирующее действие ГК стресса на изменение болевой чувствительности у крыс в «формалиновом тесте» (ФТ) [19, 20].

Для этого экспериментальных животных разных фенотипических групп разделили на две равноценные группы по 45 особей в каждой. У животных первой (ФТ) и второй (ГК+ФТ) групп тоническую боль вызывали введением 5%-ного раствора формалина (0,08 мл на 100 грамм веса) в дорсальную поверхность стопы задней конечности. После инъекции формалина каждую крысу возвращали в свою клетку и с помощью специальной компьютерной программы «Behaviour 2.0» [21] регистрировали продолжительность поведенческих проявлений в пределах заданных последовательных интервалов (минимальный интервал – 1 минута) и в пределах всего периода наблюдения – 60 минут после инъекции формалина.

Показателями интенсивности болевой реакции у крыс при экспериментально вызванной тонической боли служила продолжительность лизания пораженной конечности. Неболевы поведенческие проявления рассматривались по продолжительности двигательной активности и пассивного поведения. При этом двигательная активность оценивалась по сумме времени перемещения животных по клетке и времени, затраченного животными на принятие пищи и груминг. Длительность пассивного поведения рассчитывалась по сумме времени, затраченного животными на сон и покой.

Животные второй группы (ГК+ФТ) предварительно подвергались действию ГК стресса разной продолжительности, который моделировался 9-тисуточным ограничением подвижности [22].

Учитывая тот факт, что у грызунов болевой порог в течение суток варьирует [23, 24], эксперименты проводились в одно и то же время светлой половины суток (с 9.00 до 11.00 часов).

Обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью параметрических и непараметрических методов. После проверки полученных данных на закон нормального распределения, оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. Различия между значениями показателей у животных разных экспериментальных групп считались достоверными при  $p < 0,05$ .

Для изучения интегральных характеристик показателей поведенческих реакций использован кластерный анализ. В данном исследовании использован один из методов кластерного анализа – метод Уорда. Применение аггломеративной стратегии анализа позволяет построить дерево классификации (дендрограмму) всех объектов путем иерархического объединения их в кластеры на основе критерия минимума расстояния в пространстве переменных, описывающих объекты. На дендрограмме указаны названия объектов (показателей) и расстояние, на котором произошло объединение объектов в каждом кластере в процентах [25].

Для оценки модифицирующего действия ГК стресса на изменение изученных показателей вычислялся коэффициент модификации (К, %), который вычислялся по формуле:

$$K = (X_{ГК} - X_{К}) / (X_{К} + X_{ГК}) * 100,$$

где  $X_{ГК}$  – значение изученного показателя в группе животных, которые до экспериментального воздействия подвергались предварительному действию ГК;  $X_K$  – значение изученного показателя в группе животных, которые до экспериментального воздействия оставались интактными.

Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel и программного пакета «STATISTICA – 6.0» [26-28].

Эксперименты проводились с соблюдением принципов «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, которые используются для экспериментальных и других научных целей» (Страсбург, 1986) и Постановления первого национального конгресса по биоэтике (Киев, 2001).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты данного исследования, поведение животных с разным профилем моторной асимметрии имело различный характер. Так, у крыс с правосторонней моторной асимметрией, которые преобладают в популяции (следовательно, у них развивается наиболее типичная реакция на различные воздействия) стресс на ограничение подвижности вызвал достоверные изменения продолжительности болевой поведенческой реакции, однако эти изменения зависели от продолжительности предварительного ограничения подвижности. Так, уже после суточной ГК продолжительность болевой реакции уменьшилась на 44% ( $p < 0,001$ ) относительно значений у животных, подвергнутых изолированному действию болевого фактора (ФТ) в первые сутки наблюдения (рис. 1).

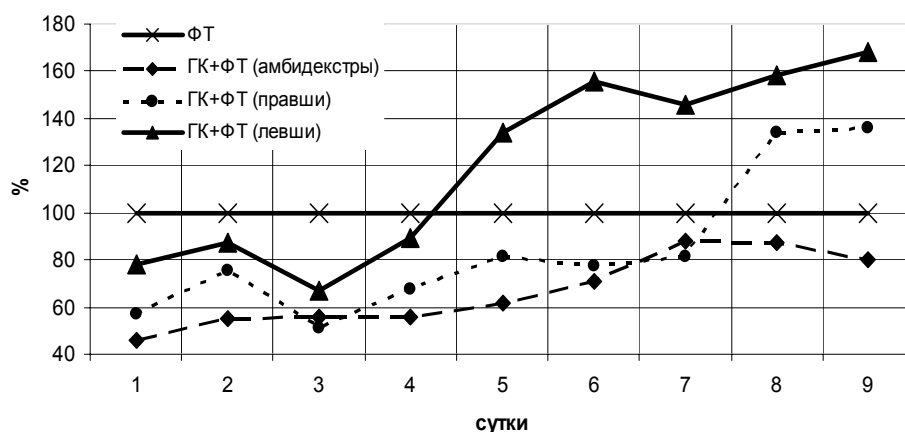


Рис. 1. Динамика продолжительности болевой реакции у крыс «амбидекстров», «правшей» и «левшей» в «формалиновом тесте» в течение девяти суток гипокинезии (в % относительно значений у животных, подвергнутых изолированному болевому воздействию, принятых за 100 %).

Со вторых по шестые сутки ограничения подвижности продолжительность болевой реакции также уменьшилась относительно значений этого показателя у животных, подвергшихся только инъекции формалина, в среднем на 19-49 % ( $p < 0,05$ ). Максимальное уменьшение продолжительности болевой реакции отмечалось на третьи (на 49 %;  $p < 0,01$ ) сутки ограничения подвижности относительно значений этого показателя у контрольных животных. Начиная с седьмых суток ГК, отмечалась тенденция к повышению продолжительности болевой реакции, а на восьмые и девятые сутки наблюдения продолжительность болевой реакции достоверно превышала значения этого показателя у животных контрольной группы на 33 % ( $p < 0,05$ ) и 35 % ( $p < 0,05$ ) соответственно (рис. 1).

У крыс - «амбидекстров» после ограничения подвижности в течение одних суток продолжительность болевой реакции уменьшилась на 54% ( $p < 0,01$ ) относительно контроля. Со вторых по шестые сутки ГК продолжительность болевой реакции оставалась достоверно ниже таковой у животных контрольной группы в среднем на 29-45 % ( $p < 0,05$ ). В дальнейшие сроки ограничения подвижности (7-9 сутки) сохранялась тенденция к снижению продолжительности болевой реакции в среднем на 13-20 % (рис. 1).

У животных с левосторонней моторной асимметрией («левой») ограничение подвижности также привело к изменению продолжительности болевой реакции. При этом в первые – третьи сутки ГК стресса произошло снижение продолжительности болевой реакции в среднем на 13-33 % относительно контроля ( $p < 0,05$ ). Однако, начиная с 4-х суток наблюдения, произошло значительное повышение продолжительности вылизывания пораженной конечности относительно значений в контроле, на 9-е сутки ГК продолжительность болевой реакции оказалась выше на 68 % ( $p < 0,01$ ) (рис. 1).

У крыс выделенных групп изменилась и длительность неболевых поведенческих феноменов.

У животных - «правшей» после ограничения подвижности в ФТ продолжительность неболевых поведенческих проявлений увеличилась. Так, длительность реакции бега возросла с 1-х по 9-е сутки ГК в среднем на 60 % ( $p < 0,05$ ). Наиболее статистически значимым увеличением этого поведенческого феномена произошло на 3-и и 9-е сутки ГК, когда значение этого показателя превысило контрольные значения на 134 % ( $p < 0,001$ ) и 100 % ( $p < 0,01$ ) соответственно, что согласуется с исследованиями Сантана Вега Л. [29] и Чуян Е.Н. [30] в которых показано, что при действии ГК стресса у крыс со средним уровнем двигательной активности происходит увеличение двигательной активности в тесте ОП. Кроме того, изменение поведения на ранних этапах адаптации к действию различных экстремальных факторов, чаще всего связано с повышением общей возбудимости [7], которая обычно характеризует развитие первой стадии стресса [31, 32].

Аналогичная динамика этого показателя наблюдалась и у животных с невыраженной моторной асимметрией, однако повышение продолжительности реакции бега относительно контроля проявилось в еще большей степени. В среднем этот показатель увеличился в 2-3 раза, а наибольших значений достиг после 9-тисуточной ГК, когда достиг 335 % ( $p \leq 0,001$ ).

Противоположная динамика продолжительности реакции бега зарегистрирована у крыс с левосторонним фенотипом, у которых на протяжении всего эксперимента наблюдалось снижение этого показателя в среднем на 26-50 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно контроля (ФТ) в разные сроки ограничения подвижности.

В ФТ у животных разных типологических групп под влиянием ГК стресса разной длительности существенно изменилась и продолжительность реакции груминга.

У крыс с правосторонней моторной асимметрией наблюдался значительный рост этого показателя во все сроки эксперимента относительно значений у крыс контрольной группы (ФТ). В течение первых шести суток ограничения подвижности продолжительность реакции груминга возросла в среднем в два раза.

Наиболее существенный прирост этого показателя зарегистрирован после 3-хсуточной ГК, когда он составил 368 % от контрольного значения этого показателя ( $p \leq 0,001$ ). В течение 7-9-х суток ограничения подвижности продолжительность груминга снизилась, однако оставалась достоверно выше на 80-97 % ( $p \leq 0,05$ ) значений этого показателя у животных, которые перед болевым воздействием не подвергались ГК стрессу.

У крыс с невыраженной моторной асимметрией динамика продолжительности груминга в ФТ была аналогичной, однако повышение этого показателя произошло в еще большей степени. У животных этой группы в течение 1-6-х суток ГК значения показателя превысили контрольные в среднем в 3-4 раза ( $p \leq 0,001$ ). На 7-9 сутки комбинированного гипокинетического и болевого воздействия также как и у крыс-«правшей» наблюдалось снижение значений этого показателя, которые составили 240-288 % от значений в контроле ( $p \leq 0,05$ ).

Противоположная динамика продолжительности реакции груминга зарегистрирована у крыс-«левшей». У этих животных, напротив, выявлено значительное снижение этого показателя, особенно выраженное на 7-9-е сутки комбинированного воздействия ГК и ФТ. В эти сроки продолжительность реакции груминга составила всего 25-29 % ( $p \leq 0,05$ ) от значений этого показателя у животных, которые дополнительно не подвергались ГК воздействию.

Аналогичным образом происходило изменение и другого компонента двигательных неболевых поведенческих феноменов в ФТ, а именно продолжительности приема пищи. У крыс «правшей» и особенно «амбидекстров» зарегистрирован значительный рост значений этого показателя относительно таковых у животных, которые перед болевым воздействием не подвергались ограничению подвижности. У животных с правосторонним моторным фенотипом и невыраженной асимметрией в ранние сроки ограничения подвижности продолжительность приема пищи возросла в среднем на 30-94 % и 80-100 % ( $p \leq 0,05$ ), а в более поздние – на 19-35 % и 40-50 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно.

У крыс – «левшей», напротив, зарегистрировано уменьшение продолжительности приема пищи под влиянием ГК и ФТ. В течение 9-ти суток ограничения подвижности наблюдалось плавное снижение этого показателя на 22-45 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно контроля в разные сроки ГК.

Гипокинетический стресс привел и к изменению длительности пассивного поведения у крыс разных типологических групп в ФТ. Причем, эти изменения происходили разнонаправлено у крыс разных латеральных фенотипов (рис. 2).

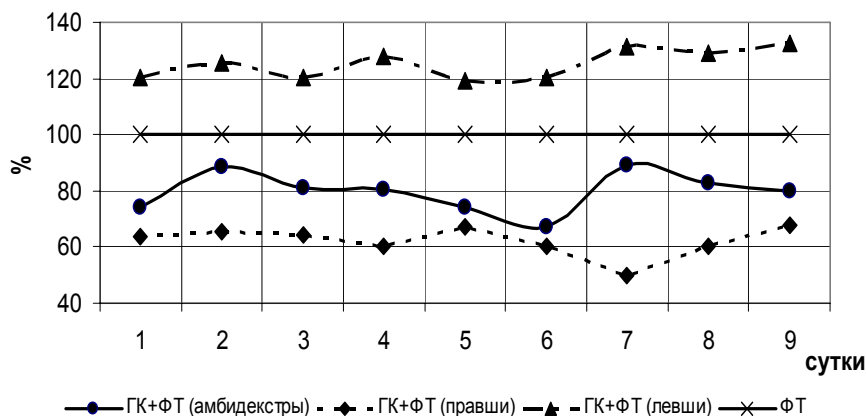


Рис. 2. Динамика продолжительности пассивного поведения у крыс «амбидекстров», «правшей» и «левшей» в «формалиновом тесте» в течение девяти суток гипокинезии (в % относительно значений у животных, подвергнутых изолированному болевому воздействию, принятых за 100 %).

Так, у крыс «правшей» и «амбидекстров», в отличие от других неболевых поведенческих феноменов, произошло уменьшение продолжительности пассивного поведения в среднем на 32-50 % ( $p \leq 0,05$ ) и 12- 36 % ( $p \leq 0,05$ ) соответственно относительно значений этого показателя у крыс контрольных групп (ФТ). Напротив, у «левшей» зарегистрировано существенное увеличение длительности пассивного поведения на 19-32 % ( $p \leq 0,05$ ) относительно значений в контроле (рис. 2).

Таким образом, как показали результаты исследования, ГК стресс привел к изменению продолжительности не только болевой реакции лизания конечности, но и длительностей неболевых поведенческих феноменов в ФТ. Причем длительность активных и пассивных компонентов неболевых проявлений у крыс с разной моторной латерализацией изменялась разнонаправлено. Как показано на Рис. 3, динамика коэффициента модификации гипокинетического стресса на продолжительности болевой реакции, активного и пассивного поведения в «формалиновом» тесте зависит как от длительности ограничения подвижности, так и от моторной латерализацией крыс.

У животных – «амбидекстров» в течение всего периода ограничения подвижности (9 суток) наблюдалось снижение продолжительностей болевой реакции и пассивного поведения (затаивание, сон) на фоне повышения продолжительности активного поведения (бег, груминг, прием пищи). У крыс – «правшей» также как и у «амбидекстров», зарегистрировано снижение продолжительности пассивного поведения на фоне роста продолжительности активного, однако продолжительность болевой реакции снижалась в течение первых семи суток ограничения подвижности

## ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ У КРЫС С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ

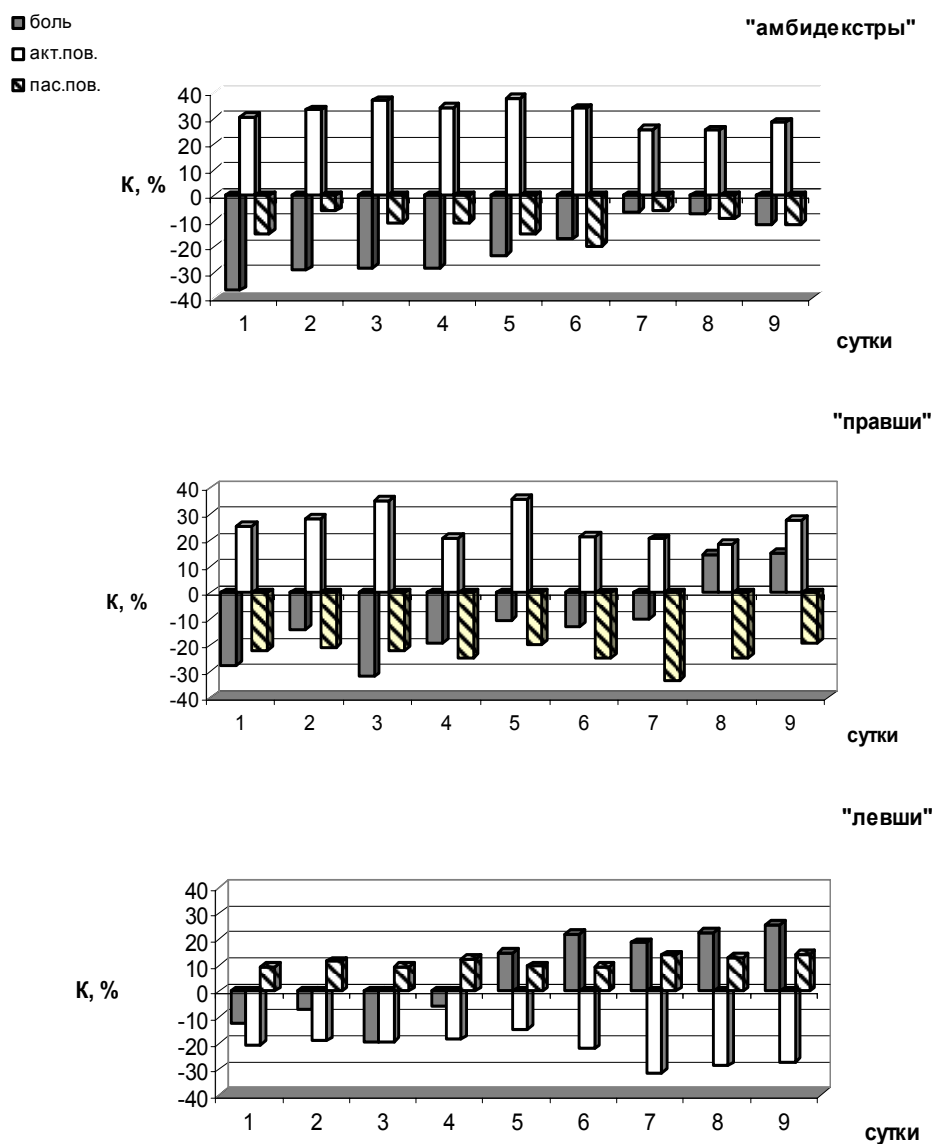


Рис. 3. Изменение коэффициента модификации (K, %) девятисуточного гипокинетического стресса на продолжительности болевой реакции (боль), активного (акт. пов.) и пассивного поведения (пас. пов.) в «формалиновом» тесте у крыс с разной моторной латерализацией: «амбидекстров», «правшей» и «левшей».

животных, а на 8-9-е сутки ГК – повышалась. У крыс - «левшей» изменение длительности изученных поведенческих феноменов происходило по другому: продолжительность болевой реакции снижалась только в течение первых 4-х суток

ГК, в дальнейшие же сроки ограничения двигательной активности – происходило ее повышение; продолжительность активного поведения, в отличие от животных других групп, снижалась на фоне увеличения длительности пассивного во все сроки ограничения подвижности.

Следовательно, острый болевой стресс на фоне хронического ГК стресса вызывал у животных этой группы увеличение общего двигательного дефицита и развитие защитной реакции «затаивания», являющейся результатом эмоциональной реакции страха, состояния общего угнетения ЦНС животного [33, 34], что также свидетельствует об увеличении болевой чувствительности животных - «левой» при ГК стрессе.

Поскольку изученные поведенческие феномены тесно взаимосвязаны между собой (увеличение продолжительности одних приводит к уменьшению длительности других), то представляет определенный интерес проследить изменение взаимосвязи этих показателей в ФТ у животных разных экспериментальных групп. Такие взаимосвязи можно установить путем применения кластерного анализа.

Дендрограмма кластерного анализа продолжительностей изученных поведенческих проявлений у животных, подвергнутых изолированному действию болевого фактора (инъекции формалина в дорсальную поверхность стопы задней конечности) (ФТ), построенная путем иерархического объединения их в кластеры все более высокой общности на основе критерия минимума расстояния в пространстве переменных, содержала 3 кластера, в которые объединялись исследованные нами показатели (первый кластер – продолжительности приема пищи и груминга, второй – бега и пассивного поведения, третий – реакций боли) (рис. 4)

Следовательно, болевая реакция оказалась обособлена в отдельный кластер от неболевых поведенческих феноменов, которые образовали два других плотных кластера.

При последовательном действии девятисуточного ГК стресса и болевого фактора у животных – «амбидекстров» обнаружена существенная перегруппировка изученных показателей. При этом показатель продолжительности болевой реакции оказался объединенным в общие кластеры с неболевыми активными поведенческими проявлениями (бег, груминг, прием пищи), а продолжительность пассивного поведения (покой, сон), которая у крыс этой группы существенно снижалась, оказалась отделена в другой кластер (рис. 4).

На дендрограмме показателей поведенческих проявлений у животных – «правшей», подвергнутых комбинированному действию болевого фактора в ФТ и ГК стресса, также отмечалось объединение показателей болевых и неболевых поведенческих проявлений в общие кластеры (боль – бег – груминг), однако, расстояние между кластерами существенно увеличилось и наблюдалось разобщение активных и пассивных поведенческих проявлений (рис. 4).

Таким образом, полученные данные кластерного анализа свидетельствуют о том, что в модифицирующем действии ГК стресса на болевую чувствительность у крыс с невыраженной и правосторонней моторной асимметрией большое значение имеет



## ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ У КРЫС С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ

восстановление взаимосвязей между различными болевыми и неболевыми поведенческими проявлениями при действии болевого фактора.

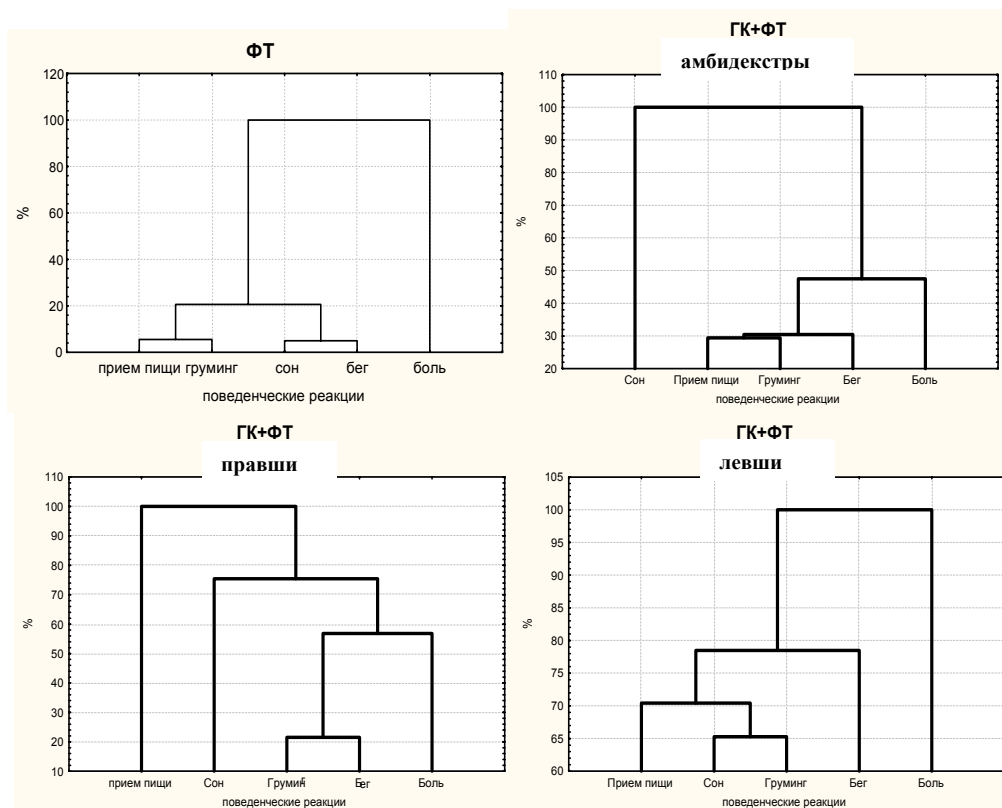


Рис. 4. Дендрограммы кластерного анализа показателей продолжительности болевых и неболевых поведенческих реакций у крыс с разной моторной асимметрией («амбидекстров», «правшей» и «левшей»), подвергнутых изолированному (ФТ) и комбинированному с гипокинетическим стрессом (ГК+ФТ) действию болевого фактора в «формалиновом тесте» на девятые сутки ограничения подвижности.

Кластеризация изученных показателей у крыс – «левшей» на девятые сутки ограничения подвижности продемонстрировала совершенно другую картину (рис. 4). Болевая реакция оказалась обособлена в отдельный кластер от неболевых поведенческих проявлений, а структура дендрограммы стала в большей мере схожа с таковой у животных, подвергнутых изолированному действию болевого фактора, однако увеличилась длина связи между неболевыми поведенческими проявлениями.

Следовательно, полученные данные кластерного анализа свидетельствуют о том, что модифицирующее действие ГК стресса при действии болевого фактора у крыс с левосторонней моторной асимметрией разобщает взаимосвязи между болевыми и неболевыми поведенческими феноменами.

Таким образом, как показали результаты исследования, стресс на ограничение подвижности оказывал модифицирующее действие на уровень болевой чувствительности крыс при соматической тонической боли, однако данный эффект зависел, во-первых, от продолжительности ограничения подвижности (в ранние сроки ГК стресса отмечалось уменьшение болевой чувствительности, а в более поздние сроки, напротив – увеличение).

Зависимость модуляции острого болевого стресса от продолжительности ограничения подвижности подтверждает данные о двухкомпонентном течении первой стадии тревоги ГК стресса [35]. Действительно, при адаптации крыс к непродолжительному ГК стрессу (первые – шестые сутки у «правшей» и «амбидекстров», первые трое суток – у «левшей») отмечено статистически значимое снижение болевой чувствительности, что указывает на повышение резистентности к болевому стрессу и развитие стресс-индуцированной анальгезии.

По-видимому, это связано с развитием адаптивного поведения, которое предохраняет организм от неблагоприятных последствий первого периода ограничения подвижности и болевого стресса и свидетельствует о развитии в организме крыс перекрестной или кросс-адаптации [36]. Это означает, что адаптация к какому-либо стрессору, в частности к ГК, может не только повышать устойчивость организма к действию данного фактора, т.е. вызывать прямой защитный эффект, но и увеличивать устойчивость к действию других факторов, в данном случае к болевому.

Выявленные изменения поведенческих реакций во многом зависели и от индивидуально-типологических особенностей животных. Данные этого исследования согласуются с результатами других авторов, в которых показано, что болевая чувствительность животных связана с их моторной асимметрией [37]. Однако наши результаты дополняют имеющиеся литературные данные сведениями о том, что наиболее чувствительными к болевому стрессу оказались крысы с левосторонней моторной латерализацией, т.е. доминирующим правым полушарием мозга, а наименее – с доминирующим левым полушарием («правши») и с невыраженной функциональной асимметрией («амбидекстры»).

Известно, что у белых крыс в осуществлении пространственно-моторной реакции ведущую роль играет левое полушарие мозга, а правое менее приспособлено к восприятию и переработке пространственной информации, что свидетельствует о ведущей роли левого полушария в организации поведенческих реакций при различных, в том числе, стрессорных воздействиях [38, 39]. Большой экспериментальный материал свидетельствует также о том, что преимущественная активация левого полушария, главным образом его передних отделов, происходит при столкновении животных с новой, сложной ситуацией [40-42]. Вместе с тем, крысы с лучшим развитием правосторонних корковых зон хуже адаптируются по сравнению с «левосторонними» животными [43]. В частности, болевая стимуляция вызывает более выраженную адаптацию к болевому стимулу у «правшей», о чем свидетельствует больший прирост болевого порога по сравнению с «левшами». Существуют литературные данные и о большей стрессоустойчивости амбивалентного мозга [43, 44].

**ВЫВОДЫ**

1. Гипокинетический стресс модифицирует болевую чувствительность крыс при экспериментально вызванной тонической соматической боли.
2. Модифицирующий эффект гипокинетического стресса на болевую чувствительность у крыс в формалиновом тесте зависит от продолжительности ограничения подвижности (в ранние сроки ГК стресса отмечалось уменьшение болевой чувствительности, а в более поздние сроки, напротив – увеличение).
3. Наиболее чувствительными к болевому стрессу оказались крысы с левосторонней моторной латерализацией, т.е. доминирующим правым полушарием мозга, а наименее – с доминирующим левым полушарием («правши») и с невыраженной функциональной асимметрией («амбидекстры»).

**Список литературы**

1. Is immobility of rats in the forced swim test “behavioural despair” / H. Nishimura, A. Tsuda, M. Oguchi [et al.] // *Physiol. and Behav.* – 1988. – Vol. 42, № 1. – P. 93-95.
2. Юматов Е.А. Прогностические критерии ориентировочно-исследовательской активности животных / Е.А. Юматов, К.В. Судакова, В.И. Петрова // *Эмоциональный стресс. Физиологические и медико-социальные аспекты.* – Волгоград, 1997. – С. 47–59.
3. Куликов В.П. Влияние различных двигательных режимов, модулирующих спонтанную активность, на поведение крыс / В.П. Куликов, В.И. Киселев, И.В. Конев // *ЖВНД.* – 1993. – Т. 43, №2. – С. 398-405.
4. Судаков К.В. Антистрессорные эффекты пептида, вызывающего  $\delta$ -сон / К.В. Судаков // *Физиол. журн. СССР.* – 1991. – Т. 77, № 3. – С. 1-13.
5. Коплик Е.В. Метод определения критерия устойчивости крыс к эмоциональному стрессу / Е.В. Коплик // *Вестник новых медицинских технологий.* – 2002. – Т. 9, № 1. – С.16-18.
6. Юматов Е.А. Прогнозирование устойчивости к эмоциональному стрессу на основе индивидуального поведения / Е.А. Юматов, О.А. Мещерякова // *ЖВНД.* – 1990. – Т. 40, № 3. – С. 575-579.
7. Вальдман А.В. Фармакологическая регуляция эмоционального стресса / Вальдман А.В., Козловская М. М., Медведев О.С. – М.: Медицина, 1979. – 360 с.
8. Судаков К.В. Системные механизмы эмоционального стресса / К.В. Судаков, Е.А. Юматов, А.С. Ульянинский – Кишинев: Штиинца, 1987. – С. 52-79.
9. Айрапетянц М.Г. Неврозы в эксперименте и в клинике / М.Г. Айрапетянц, А.М. Вейн – М: Наука, 1982. – 272 с.
10. Семенович А.В. Нейропсихологический подход к типологии онтогенеза / А.В. Семенович, А.А. Цыганок // *Нейропсихология сегодня.* – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 170-183.
11. Исследование влияния фактора ведущего глаза на параметры спектра ЭЭГ и психологические показатели у правой / А.В. Берус, О.И. Иващенко, А.Б. Журавлев [и др.] // *Физиология человека.* – 1997. – Т. 23, № 2. – С. 50-59.
12. Трофимова Е.В. Особенности межполушарного взаимодействия у правой и левой по данным когерентного анализа ЭЭГ / Е.В. Трофимова // *ЖВНД.* – 2000. – Т. 50, № 6. – С. 943-951.
13. Чуян Е.Н. Модифицирующее действие гипокинетического стресса на иммунологическую реактивность организма крыс // *Проблемы, достижения и перспективы развития медико-биологических наук и практического здравоохранения: Труды Крымского государственного университета им. С.И. Георгиевского.* / Е.Н. Чуян, Т.В. Заячникова, Н.В. Чирский. – 2005. – Т. 141, часть 4. – С. 86-95.
14. Темуриянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений: автореф. дисс... д-ра биол. наук / Н.А. Темуриянц. - Ин-т ВНД и нейрофизиологии. – М., 1989. – 44 с.
15. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ: монография / [Чуян Е.Н, Темуриянц Н.А., Московчук О.Б. и др.] – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.

16. Бианки В.Л. Обзор: латеральная специализация мозга животных / В.Л. Бианки // Физиол. журн. СССР. – 1980. – Т. 66, № 11. – С. 1593-1607.
17. Клименко Л.Л. Системная организация функциональной межполушарной асимметрии. Зеркало асимметрии / Л.Л. Клименко, А.И. Деев, О.В. Протасова // Биофизика. – 1999. – Т. 44, № 5. – С. 916-920.
18. Удалова Г.П. Об участии полушарий в формировании пространственно-моторной асимметрии при зрительном распознавании у крыс / Г.П. Удалова, В.В. Михеев // ЖВНД. – 1988. – Т. 38, вып. 3. – С. 467-474.
19. Dubuisson D. The formalin test: a quantitative study of the analgesic effects of morphine, meperidine and brainstem stimulation in rats and cats / D. Dubuisson, S.G. Dennis – 1997. – Vol. C 4. – P. 161-164.
20. Dual effect of serotonin on formalin-induced nociception in the rat spinal cord / T. Oyama, Y. Ueda, Y. Kurashiki [et. al.] // Neuroscience Research. – 1996. – V. C 25. – P. 129-135.
21. Свідोцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму для реєстрації, обробки і автоматизованого аналізу тривалості та частоти різних видів поведінкових реакцій у тварин / М.В. Луцок, Е.Р. Джелдубаєва – № 19243 від 18.01.2007 р. // Бюл. № 1.
22. Коваленко Е.А. Гипокинезия / Е.А. Коваленко, Н.Н. Гуровский. – М.: Медицина, 1980. – 307 с.
23. Time-dependent melatonin analgesia in mice: inhibition by opiate or benzodiazepine antagonist / D.A. Golombek, E. Escobar, L.J. Burin [et al.] // Eur. J. Pharmacol. – 1991. – Vol. 194, № 1. – P. 25-30.
24. Pineal opioid receptors and analgesic action of melatonin / M. Ebadi, P. Govitrapong, Phansuwan-Pujito [et al.] // Pineal. Res. – 1998. – Vol. 24, № 4. – P. 193-200.
25. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Одел – М.: Статистика, 1977. – 128 с.
26. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / Боровиков В. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
27. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных: [учебное пособие] / Наследов А.Д. – СПб.: Речь, 2004. – 392 с.
28. Новиков Д.А. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи) / Д.А. Новиков, В.В. Новочадов – Волгоград: Изд-во Волгу, 2005. – 84 с.
29. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / Л. Сантана Вега. – Симферополь, 1991. – 21 с.
30. Чуян Е.Н. Модифицирующее действие гипокинетического стресса на изменение активности симпатoadренальной системы при инфицировании крыс / Е.Н. Чуян, Т.В. Заячникова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2005. – Т. 18 (57). – № 3. – С. 198-205.
31. Ханина Н.А. Изменение липидного состава миокарда у крыс при физических нагрузках после воздействия длительного гипокинетического стресса / Н.А. Ханина, В.Н. Данильченко, М.А. Мурашкевич // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1997. – Т. 31, № 3. – С. 23-25.
32. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. Физиология, нейроанатомия, психология эмоций / Симонов П.В. – М.: Наука. – 1981. – 216 с.
33. Слоним А.Д. Виды и формы адаптивного поведения животных. Руководство по физиологии. Физиология поведения. Нейрофизиологические закономерности / А.Д. Слоним. – Л.: Наука, 1986. – С. 23-79.
34. Przewlocki R. Opioids in chronic pain / R. Przewlocki, B. Przewlocka // Eur. J. Pharmacol. – 2001. – Vol. 429. – P. 79-91.
35. Михайлов А.В. Функциональная морфология нейтрофилов крови крыс в процессе адаптации к гипокинезии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / А.В. Михайлов – Симферополь, 1985. – 25 с.
36. Меерсон Ф.З. Общий механизм адаптации и роль в нем стресс-реакции, основные стадии процесса / Ф.З. Меерсон // Физиология адаптационного процесса. – М.: Наука, 1986. – С. 77-123.
37. Михеев В.В. Нейрофармакологический анализ межполушарной асимметрии мозга в регуляции поведения, болевой чувствительности и анальгезии у мышей разных генетических линий / В.В. Михеев, П.Д. Шабанов // Психофармакология и биологическая наркология. – 2007. – Т. 7, № 3-4. – С. 2131-2145.

38. Михеев В.В. Сравнительная характеристика функциональной межполушарной асимметрии у двух линий белых мышей / В.В. Михеев // Сравнительная физиология высшей нервной деятельности человека и животных. - М.: Наука. - 1988. - С. 129-130.
39. Удалова Г.П. Участие правого и левого полушарий в реализации лабиринтного навыка у мышей-самцов линии BFLD/c / Г.П. Удалова // ЖВНД. - 1996. - Т. 46, вып. 1. - С. 84-91.
40. Маликова А.К. Спектрально-корреляционные характеристики электрической активности мозга кролика при жажде / А.К. Маликова, В.Н. Мац // Журн. высш. нерв. деят. - 1991. - Т. 41, № 2. - С. 348.
41. Павлыгина Р.А. Спектральные характеристики электрической активности мозга кролика при состоянии голода / Р.А. Павлыгина Ю.В. Любимова // ЖВНД. - 1994. - Т. 44, № 1. - С. 5-7.
42. Фактор новизны и асимметрия деятельности мозга / П.В. Симонов, М.Н. Русалова, Л.А. Преображенская [и др.] // ЖВНД. - 1995. - Т. 45, № 1. - С. 13-17.
43. Basal and amphetamine-induced asymmetries in striatal dopamine release and metabolism: bilateral in vivo microdialysis in normal rats / S.D. Glick, J.N. Carlson, J.L. Baird [et al.] // Brain Res. - 1988. - Vol. 473, № 1. - P. 161-164.
44. Егоров М.Ю. Функциональная асимметрия мозга и важность развития клинического направления в эволюционной физиологии / Егоров М.Ю. - СПб.: Наука, 2000. - 159 с.

**Чуян О.М. Особливості поведінки у щурів з різним профілем моторної асиметрії в умовах комбінованої дії хронічного гіпокінетичного та больового стресів / О.М. Чуян, О.І. Горна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. - 2010. - Т. 23 (62). - № 1. - С. 128-141.**

Вивчена дія гіпокінетичного (ГК) стресу на зміну больової чутливості у щурів при гострому тонічному болю. Показано, що хронічний стрес на обмеження рухливості викликає модифіковану дію на рівень больової чутливості у щурів при гострому тонічному болю, але даний ефект залежить як від тривалості обмеження рухливості (в ранній термін ГК стресу відмічалось зменшення больової чутливості, а в більш пізній термін – збільшення), так і від індивідуально-типологічних особливостей тварин (найбільш чутливими до больового стресу є щури – «лівші», а найменш – «правші» та «амбідекстри»).

**Ключові слова:** моторна асиметрія, больова чутливість, поведінкові реакції, формаліновий тест, гіпокінетичний стрес.

**Chuyan E.N. The peculiarities of rats' behaviour with different type of motor assymetry under the circumstances of combinative influence of chronic hypokinetic and pain stresses / E.N. Chuyan, O.I. Gornaya // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2010. - V.23 (62). - № 1. - P. 128-141.**

The influence of hypokinetic (HK) stress on the change of rats pain sensitiveness at the sharp tonic pain is studied. It is shown that the chronic stress on the mobility limitation influence modificatively on the level of rats' pain sensitiveness at the sharp tonic pain, nevertheless this effect depends on the durability of the mobility limitation (at the early terms HK stress pain sensitiveness diminishing was observed, and at the later terms, vice versa - increase), and on animals' individual-typological peculiarities ("left-handed" rats are the most sensitive to the pain stress, and "right-handed" rats and "ambidexters" are the less sensitive).

**Keywords:** motor assymetry, pain sensitiveness, behaviorial reactions, formalin test, hypokinetic stress.

*Поступила в редакцію 28.04.2010 г.*

**УДК 612.621.31-055.2:796.015.6**

**ДЫХАТЕЛЬНЫЙ РИТМ, КАК ОДИН ИЗ БИОРИТМОЛОГИЧЕСКИХ  
КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
МЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ СПОРТСМЕНОК В РАЗЛИЧНЫХ ФАЗАХ  
МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА**

*Юферев В.С.*

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

В статье изучаются особенности регулирования механики дыхания у спортсменок в различных фазах менструального цикла. Обсуждаются вопросы влияния гормонального фона спортсменок на чувствительность дыхательного центра к двуокиси углерода. Большое внимание при этом уделяется дыхательному ритму и методам его математического анализа. В частности рекомендуется использовать периодограммный анализ дыхательного ритма, так как данный анализ позволяет наиболее адекватно оценить частоту дыхательных движений на протяжении всей нагрузочной пробы. И таким образом определить влияние частотного компонента на величины механических и вентиляционных параметров дыхания, а также прогнозировать эффективность респираторных реакций спортсменок на физические нагрузки в определенные сроки тренировок и соревнований.

**Ключевые слова:** дыхательный ритм, механика дыхания, регулирование, фазы менструального цикла, физические нагрузки.

**ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время в физиологии спорта большое внимание уделяется изучению особенностей физиологических ритмов спортсменов в процессе адаптации к физическим нагрузкам [1-3], так как структура этих ритмов может, рассматриваться в качестве прогностического критерия и меры адаптации [4]. Физиологические функции центральной нервной системы, а также секреция гормонов определяют в конечном итоге ритмичность физиологических функций целостного организма [5]. Классическим примером взаимосвязи нервного и гормонального звеньев регуляции, формирующих текущий биоритм, может служить менструальный цикл (МЦ) женщины. На протяжении МЦ волнообразно изменяется гормональный фон, а вместе с ним и соотношение процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе, что определенным образом сказывается на биоритмологической активности различных функциональных систем женского организма [6]. Так, например, каждая третья, из менструирующих женщин, прибегает к медикаментозным средствам вследствие плохого самочувствия перед менструацией, каждая четвертая обращается за врачебной помощью [7]. Проявлениями неблагоприятного состояния женщины в этот период являются различные болевые ощущения, сопровождающиеся характерными

выраженными признаками вегетативных реакций, нарушением сердечного и дыхательного ритмов [8].

Данная проблема особенно актуальна в женском спорте. Так как для спортивной деятельности характерна высокая интенсивность физических упражнений, предъявляющая повышенные требования к биоритмологической активности функциональных систем, лимитирующих уровень физической работоспособности спортсменок. Одной из таких систем является система внешнего дыхания, которая в процессе мышечной деятельности не только участвует в энергообеспечении работающих мышц, но и выполняет информационную функцию. Ощущения, связанные с повышенной нагрузкой на респираторную мускулатуру, служат важным регулятором интенсивности и продолжительности физической работы. Информационным критерием такого регулирования является дыхательный ритм. Оптимальная механика дыхания при адекватной ритмике дыхательных движений позволяет поддерживать необходимые метаболическому запросу, величины дыхательных объемов, скорости инспираторного и экспираторного потоков при легочной вентиляции [9].

Учитывая актуальность проблемы, целью работы явилось изучение особенностей дыхательного ритма спортсменок в течение МЦ, что дает возможность не только получить оценку эффективности регулирования механики дыхания, но и прогнозировать приспособительные возможности системы внешнего дыхания в определенные сроки тренировок и соревнований.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 10 квалифицированных легкоатлеток-добровольцев в возрасте 18-20 лет с 28-32- дневным менструальным циклом. Исследования проводили в различных фазах МЦ, а именно: 1 фаза – менструальная (1, 2 день от начала менструации (Ме)), 2 фаза постменструальная (8-9 день от начала Ме), 3 фаза овуляторная (13-16 день от начала Ме), 4 фаза постовуляторная (20-22 день от начала Ме), 5 фаза предменструальная, (26-27 день от начала Ме). Овуляцию определяли по тесту «Овуплан». Концентрацию эстрадиола в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа. Чувствительность дыхательного центра к двуокиси углерода на выдохе и вдохе изучали с применением проб Штанге и Генчи. Вентиляторную функцию легких исследовали спиропневмотахометрическим методом с помощью прибора «СпироТест - РС». В качестве функциональных параметров использовали: объем форсированного выдоха в 1 секунду (ОФЛ1), жизненную емкость легких (ЖЕЛ), резервный объем вдоха и выдоха (Ровд., Ровыд.), тест Тиффно (ОФВ1/ЖЕЛ), пиковую и максимальные объемные скорости форсированного выдоха при выдохе 25, 50, 75 % форсированной ЖЕЛ (ПОС, МОС25, МОС50, МОС75), среднюю объемную скорость на уровне 25-75 % ЖЕЛ (СОС25-75), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), частоту дыхания (f), отношение времени выдоха к времени вдоха (Твыд/Твд). Все объемные показатели приведены к условиям ВTPS. Дыхательный ритм записывали на цифровой носитель [10]. Для обработки временных рядов применялся периодограммный анализ, включающий в себя анализ

Фурье [11]. Все исследуемые показатели изучали как в состоянии покоя, так и при выполнении субмаксимальной нагрузки на велоэргометре. Полученные результаты обработаны статистически.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Взгляд на изменения ритма, как на изменения приспособительного характера объединяет проблему адаптаций и проблему биоритмов. Изменения ритма и интенсивности физиологических процессов – это один из механизмов приспособления организма к изменившимся условиям и компенсации нарушенных функций [4]. Автоматическая деятельность дыхательного центра, определяющая особенности дыхательного ритма находится под контролем как нервных, так и гуморальных влияний [12]. В свою очередь, каждый период (фаза) менструального цикла женщины обладает выраженной нейро-гормональной регуляцией, проявляющейся определенной ритмичностью в функциях физиологических систем организма, в том числе и дыхания.

Особенностью спортивной тренировки женщин является то, что процесс адаптации к физическим нагрузкам комбинируется с адаптацией к эндогенным нейро-гормональным изменениям, происходящим в менструальном цикле (МЦ) спортсменок [6]. Показано, что в результате такой комбинации у многих спортсменок эффективность вентиляции снижается в тех фазах цикла, для которых характерно падение концентрации эстрогенов и прогестерона в организме, преобладание тонуса симпатического отдела ЦНС. Такая перестройка вегетативных взаимодействий должна непосредственно изменять как ритм дыхания, так и характер приспособительных реакций системы дыхания на физические нагрузки.

Результаты периодограммного анализа дыхательного ритма спортсменок показали, что частота дыхательных движений снижалась ко второй половине МЦ. Так в покое снижение диапазона частоты дыхания наблюдалось между второй и третьей фазой, т.е. в тот период, когда уровень эстрадиола приближался к овуляторному пику (составил соответственно  $102,091 \pm 13,139$  пг/мл). Частота дыхательных движений в фазу овуляции снизилась более чем на 50 %, т.е. до  $0,127 \pm 0,001$  Гц, тогда как в постменструальной фазе эта частота была равной  $0,260 \pm 0,011$  Гц (табл. 1).

**Таблица 1.**

**Частота дыхательных движений (Гц) спортсменок и уровень эстрадиола в сыворотке крови (пг/мл) в различных фазах менструального цикла (n=10),**  
( $\bar{x} \pm S_x$ )

Фазы МЦ	Концентрация эстрадиола	Частота дыхательных движений	
		Покой	субмаксимальная нагрузка
1	$76,641 \pm 16,310$	$0,233 \pm 0,009$	$0,540 \pm 0,291$
2	$92,109 \pm 14,732$	$0,260 \pm 0,011$	$0,505 \pm 0,255$
3	$102,091 \pm 13,139$	$0,127 \pm 0,001$	$0,435 \pm 0,189$
4	$96,615 \pm 6,186$	$0,164 \pm 0,001$	$0,371 \pm 0,137$
5	$90,298 \pm 8,094$	$0,140 \pm 0,004$	$0,437 \pm 0,191$

*Примечание:* 1 – менструальная фаза, 2- постменструальная фаза, 3 – овуляторная фаза, 4 – постовуляторная фаза, 5 – предменструальная фаза.



В свою очередь физическая нагрузка способствовала, наиболее выраженным изменениям дыхательного ритма по мере «перехода» спортсменок из одной фазы МЦ в другую. Частота дыхания в фазу овуляции по отношению к таковой в менструальной фазе ( $0,540 \pm 0,291$  Гц) снизилась на 19,4 % и была равной  $0,435 \pm 0,189$  Гц. Самая низкая частота дыхательных движений зарегистрирована после овуляции (соответственно была равной  $0,371 \pm 0,137$  Гц).

Учитывая то, что в женском организме гормональный фон меняет тонус вегетативной нервной системы, и во второй половине МЦ преобладает тонус симпатического звена. То очевидно, что уменьшение диапазона частоты дыхательных движений в овуляторной и постовуляторной фазах было связано как с воздействием симпатической нервной системы, так и с релаксирующим влиянием прогестерона на бронхиальную мускулатуру [6]. Более того, если учесть, что ритм дыхания определяется, прежде всего, чувствительностью дыхательного центра к двуокиси углерода, то низкая частота дыхательных движений в овуляторной и постовуляторной фазах была обусловлена повышением порога этой чувствительности на вдохе во второй половине МЦ более чем на 16 %. Время задержки дыхания на вдохе, определяемого нами с помощью пробы Штанге, составило в этих фазах соответственно  $58,63 \pm 7,90$  и  $61,03 \pm 5,88$  с, тогда как в менструальной фазе это время было равным  $51,95 \pm 4,99$  с.

Хотелось бы также отметить, что в работах [6, 7] вопросу изучения частоты дыхательных движений в различных фазах МЦ придается большое значение при оценке эффективности механической составляющей дыхания. Однако частота дыхания оценивается в определенный момент времени, расчетным образом по результатам спирографии. При таком методическом подходе, не удастся объективно оценить изменения, которые непосредственно возникают в дыхательном ритме испытуемых, что искажает информацию об особенностях механики дыхания. Тогда как, периодограммный анализ дыхательного ритма, впервые применяемый нами в исследованиях подобного рода, позволяет получить сведения о наиболее часто встречающейся продолжительности периодов, т.е. дыхательных циклов ( $T_{\text{периода}} = T_{\text{вдоха}} + T_{\text{выдоха}}$ ) в течение всей нагрузочной пробы. Например, ЧД, зарегистрированная нами у спортсменок, в различных фазах цикла с помощью спирографа существенно не изменялась как в покое, так и во время физической нагрузки (табл. 2). В свою очередь, результаты, полученные в ходе периодограммного анализа дыхательного ритма, позволили выявить ряд значительных изменений в диапазоне частоты дыхательных движений испытуемых, которые мы подвергли обсуждению выше.

Перестройка дыхательного ритма в течение МЦ проявлялась в различных режимах регулирования вентиляторной функции легких за счет изменений механики дыхания и пропускной способности легких. Если учесть, что качественное регулирование – это, прежде всего сбережение энергии и ресурсов, то наиболее эффективные режимы регулирования механики дыхания в покое наблюдались нами в овуляторной и постовуляторной фазах (табл. 2). Так, в овуляторной фазе отмечено увеличение РОвд и ЖЕЛвд при неизменном ДО. Продолжительность выдоха также была наибольшей (отношение  $T_{\text{выд}}/T_{\text{вд}}$

составило  $1,30 \pm 0,06$  с). Однако МОД по сравнению с предыдущей фазой снизился на 10 %. т.е. достиг значений равных  $10,20 \pm 0,84$  л/мин. Очевидно, что низкая частота дыхательных движений и невысокая пропускная способность бронхов, зарегистрированная на уровне бронхов всех калибров, являлись фактором, лимитирующим объем вентиляции. В свою очередь после овуляции зарегистрирован наибольший рост Ровд и наилучшая проходимость дыхательных путей (индекс Тиффно составил  $97,80 \pm 0,76$  %). При этом наблюдалось повышение МОД, тогда как частота дыхательных движений достоверно не увеличилась.

**Таблица 2.**  
**Особенности механики дыхания спортсменок в различных фазах МЦ ( $\bar{x} \pm S_x$ )**

Показатели	Фазы менструального цикла									
	менструальная		постменструальная		овуляторная		постовуляторная		предменструальная	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ЖЕЛ, л	3,84± 0,18	3,85± 0,15	3,42± 0,24	3,85± 0,15	4,08± 0,29	3,88 ±0,21	4,02± 0,30	4,07± 0,22	4,31± 0,17	3,91± 0,20
Ровд, л	1,91± 0,12	0,87± 0,12	1,59± 0,19	0,88± 0,16	1,99± 0,13	0,95± 0,24	2,13± 0,11	1,22± 0,29	1,85± 0,12	0,89± 0,10
Ровыд, л	1,15± 0,23	1,05± 0,26	1,15± 0,25	1,18± 0,29	1,41± 0,21	0,85± 0,20	1,22± 0,27	0,85± 0,21	1,67± 0,19	1,16± 0,24
ДО, л	0,79± 0,11	1,93± 0,14	0,68± 0,11	1,79± 0,16	0,68± 0,05	2,06± 0,16	0,67± 0,05	1,99± 0,16	0,80± 0,12	1,85± 0,20
ОФВ <sub>1</sub> , л	3,50± 0,19	3,72± 0,16	3,51± 0,27	3,60± 0,23	3,60± 0,16	3,66± 0,07	3,53± 0,30	3,64± 0,22	3,67± 0,19	3,58± 0,26
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ, %	96,5± 1,84	98,40 ±0,64	96,1± 1,55	98,55 ±0,83	93,8± 1,52	97,50 ±0,86	97,80 ±0,76	99,30 ±0,43	96,7± 1,67	97,88 ±0,83
ПОС, л/с	6,75± 0,39	7,23± 0,48	6,47± 0,43	7,22± 0,36	6,67± 0,28	7,37± 0,34	6,37± 0,56	7,58± 0,50	7,36± 0,36	7,24± 0,39
МОС <sub>25</sub> , л/с	6,32± 0,41	6,80± 0,53	6,16± 0,33	6,79± 0,39	6,06± 0,29	6,86± 0,36	6,03± 0,48	7,08± 0,51	6,95± 0,32	6,92± 0,42
МОС <sub>50</sub> , л/с	5,03± 0,37	5,44± 0,47	5,05± 0,41	5,75± 0,39	4,64± 0,30	5,59± 0,36	5,09± 0,45	5,60± 0,39	5,18± 0,42	5,60± 0,44
МОС <sub>75</sub> , л/с	3,35± 0,24	3,59± 0,29	3,23± 0,39	3,49± 0,37	3,08± 0,26	3,53± 0,28	3,21± 0,28	3,72± 0,25	3,57± 0,36	3,66± 0,39
СОС <sub>25/75</sub> , л/с	4,74± 0,32	5,20± 0,42	4,69± 0,39	5,24± 0,26	4,47± 0,25	5,28± 0,32	4,74± 0,44	5,33± 0,35	4,95± 0,33	5,28± 0,42
МОД, л/мин	12,70 ±1,71	53,88 ±6,48	10,93 ±1,25	52,32 ±6,36	10,20 ±0,84	67,22 ±3,30	11,00 ±1,40	59,43 ±6,45	12,37 ±1,55	52,47 ±6,28
F, цикл/мин	19,50 ±2,06	29,00 ±2,38	18,93 ±1,55	29,66 ±2,73	17,5 ±1,30	30,30 ±3,57	19,35 ±1,84	30,49 ±3,56	17,70 ±1,91	29,44 ±3,33
Твыд/Твд (с)	1,23± 0,064	1,19± 0,05	1,18± 0,05	1,16± 0,05	1,30± 0,06	1,09± 0,03	1,27± 0,08	1,22± 0,04	1,21± 0,10	1,12± 0,03

Примечание: 1-покой, 2 – субмаксимальная нагрузка.

Для предменструальной фазы, характерным явилось повышение затрат энергии при дыхании, что проявлялось выраженным повышением средней и пиковой скорости потока воздуха на выдохе. При этом индекс Тиффно не изменялся. МОД увеличивался за счет повышения частоты дыхательных движений. Во время менструации отмечено увеличение резервного объема вдоха за счет РОвд, при этом уменьшалась продолжительность времени выдоха. В свою очередь зарегистрировано снижение скорости потока воздуха на уровне больших бронхов до  $6,32 \pm 0,32$  л/с. МОД также увеличивался за счет повышения частоты дыхания.

Еще более актуальным является вопрос сохранения энергии при выполнении дыхательных маневров во время выполнения физических нагрузок. При данных условиях наиболее эффективные режимы регулирования механики дыхания также наблюдалась нами в овуляторной и постовуляторной фазах. Для фазы овуляции характерным явилось увеличение дыхательного объема на 13 %, т.е. до  $2,06 \pm 0,16$  мл. МОД увеличился на 22 %, т.е. возрос до  $67,22 \pm 3,30$  л/мин и был наибольшим по отношению к другим фазам МЦ, тогда как частота дыхания при этом была наименьшей.

При этом скорость потока воздуха на выдохе не увеличивалась по отношению к другим фазам цикла. После овуляции зарегистрировано достоверное снижение МОД и ЧД, по отношению к предыдущей фазе. Однако РОвд был наибольшим. Также на 10 % увеличилось время выдоха, соотношение Твд/Твд составило  $1,22 \pm 0,04$ . В этой фазе цикла при неизменной скорости потока воздуха на выдохе наблюдалась максимальная бронхиальная проходимость, индекс Тиффно составил  $99,30 \pm 0,43$  %.

Наименее эффективная механика и вентиляция дыхания наблюдалась нами в предменструальной и менструальной фазах. В этих фазах МЦ отмечены низкие величины МОД, высокая частота дыхания, уменьшение времени выдоха и проходимости дыхательных путей.

Таким образом, можно заключить, что наиболее благоприятные условия для вентиляции легких были характерны для тех фаз МЦ, где наблюдался высокий уровень эстрогенов в организме спортсменок, что обусловлено стимулирующим влиянием этих гормонов не только на мышечную ткань (в частности на дыхательные мышцы), но и на окислительные процессы [6]. В свою очередь, снижение частоты дыхательных движений до диапазона 0,2-0,4 Гц во время и после овуляции, обусловленное повышением порога чувствительности дыхательного центра к  $\text{CO}_2$ , можно объяснить как логическую необходимость для тех функций репродуктивной системы, которые направлены на достижение оптимальных условий жизнедеятельности организма в период зачатия. Что в последствии обеспечит организму наиболее эффективную, с точки зрения сохранения энергии, механику дыхания и при этом даст возможность получить наибольшие величины легочной вентиляции.

### ВЫВОДЫ

1. Гормональный фон, меняющийся в течение МЦ, оказывает существенное влияние на приспособительные возможности системы внешнего дыхания

- спортсменок, что обусловлено определенными изменениями чувствительности дыхательного центра к двуокиси углерода и перестройкой дыхательного ритма в различных фазах МЦ. В свою очередь дыхательный ритм определяет особенности механики дыхания, что дает возможность использовать этот показатель в качестве критерия адаптивного регулирования дыхания в условиях адаптации к физическим нагрузкам.
2. С помощью периодограммного анализа дыхательного ритма выявлены наиболее низкие диапазоны частоты дыхательных движений у спортсменок в овуляторной и постовуляторной фазах. Соответственно эта частота в покое была равной  $0,127 \pm 0,001$  Гц,  $0,260 \pm 0,011$  Гц, а во время нагрузки составила  $0,435 \pm 0,189$  Гц, и  $0,371 \pm 0,137$  Гц. В этих фазах МЦ выявлено повышение порога чувствительности дыхательного центра к двуокиси углерода. При этом в фазах овуляции и постовуляции зарегистрированы наибольшие, в сравнении с другими фазами МЦ величины концентрации эстрадиола в организме испытуемых (соответственно  $102,091 \pm 13,139$  и  $96,615 \pm 6,186$  пг/мл).
  3. Наибольшая эффективность регулирования механики дыхания, как в покое, так и во время физической нагрузки отмечалась в овуляторной и постовуляторной фазах. Характерными особенностями дыхательной механики и вентиляции легких, в данных фазах МЦ явились наибольшие величины резервного объема вдоха, дыхательного объема, минутного объема дыхания, продолжительности выдоха, а также высокая проходимость дыхательных путей при наименьших величинах диапазона частоты дыхательных движений.
  4. Такая перестройка функций репродуктивной системы, направленных на достижение оптимальных условий жизнедеятельности организма в период зачатия (а в частности вентиляционной функции), представляет собой логическую необходимость, что не только в покое, но и при физических нагрузках обеспечивает организму наиболее эффективные режимы адаптивного регулирования дыхания.

#### Список литературы

1. Земцова В.И. Фрактальный анализ сердечного ритма спортсменов: автореф. дис. на соискание степени к-та наук по физическому воспитанию и спорту: спец: 24.00.01 «олимпийский и профессиональный спорт» / Земцова В.И. - Киев, 2003. - 20 с.
2. Ткачук В.Г. Использование стохастических методов анализа ЭКГ для диагностики и прогнозирования функционального состояния спортсменов / Ткачук В.Г., Битко С.Н., Земцова В.И. // Кибернетика и вычислительная техника. – 1994.- В.102.- С. 67-73.
3. Молчанова Н. Исследования изменений ритма сердца у фридайверов при плавании с задержкой дыхания / Молчанова Н., Сазонов А. // Теория и практика физической культуры. - 2007. - №10. - С.37-39.
4. Емельянов И.П. Структура биологических ритмов человека в процессе адаптации. Статистический анализ и моделирование / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука, 1986. -182 с.
5. Фомин Н.А. Адаптация: общебиологические и психофизиологические основы / Фомин Н.А. - М.: Теория и практика физической культуры, 2003. - 383 с.
6. Шахлина Л.Я.-Г. Медико-биологические основы спортивной тренировки женщин / Шахлина Л.Я.-Г. - Киев.: Наукова думка, 2001. – 326 с.

7. Похоленчук Ю. Т. Современный женский спорт / Похоленчук Ю. Т., Свечникова Н.В. – К.: Здоров'я, 1987. – 192 с.
8. Василенко В.Х. Миокардиострофия / Василенко В.Х., Фельдман С.Б., Хитров Н.К. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.
9. Иоффе Л.Ц. Механика дыхания. / Иоффе Л.Ц., Светышева Ж.А. – Алма-Ата.: Наука, 1975. – 129 с.
10. Пат. 200713736 Украина, МПК А 61 В 5/08. Спосіб дослідження регуляції подиху при різних впливах, що збурюють на організм людини / Погодина С.В.; заявитель и патентообладатель Таврический национальный университет. - № 3184; заявл. 07.12.07; опубл. 25.04.08, Бюл. № 8.
11. А.с. № 28737. Украина. Комп'ютерна програма для визначення періодичних і хаотичних компонент в тимчасових рядах / Ткаченко С.С., Погодина С.В., Гребнева О.М. (Україна). – № 28737.; Опубл. 3.02.2009, Бюл. № 14.
12. Батыргожина А.А. Изменения дыхания кроликов под влиянием тиролиберина и его аналогов / Батыргожина А.А., Бреслав И.С., Сергизбаева М.О. // Пути оптимизации функции дыхания при нагрузках, в патологии и в экстремальных состояниях. – Калинин: Калининский государственный университет. – 1989. – С. 95-102.

**Юферев В.С. Дихальний ритм, як один з биоритмологічних критеріїв ефективності адаптивного регулювання механіки дихання спортсменок у різних фазах менструального циклу / В.С. Юферев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 142-149.**

У статті вивчаються особливості регулювання механіки подиху в спортсменок у різних фазах менструального циклу. Обговорюються питання впливу гормонального фону спортсменок на чутливість дихального центру до двоокису вуглецю. Велика увага при цьому приділяється дихальному ритму й методам його математичного аналізу. Зокрема рекомендується використовувати періодограмний аналіз дихального ритму, тому що даний аналіз дозволяє найбільш адекватно оцінити частоту дихальних рухів протягом усієї навантажувальної проби. І в такий спосіб визначити вплив частотного компонента на величини механічних і вентиляційних параметрів подиху, а також прогнозувати ефективність респіраторних реакцій спортсменок на фізичні навантаження в певний термін тренувань і змагань.

**Ключові слова:** дихальний ритм, механіка подиху, регулювання, фази менструального циклу, фізичні навантаження.

**Yuferev V.S. The respiratory rhythm, as one of the Biorhythmological performance criteria of adaptive control mechanics of respiration athletes in different phases of the menstrual cycle / V.S. Yuferev // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 142-149.**

In this paper we study how to regulate the mechanics of breathing in athletes in different phases of the menstrual cycle. We discuss the influence of hormonal athletes on the sensitivity of the respiratory center to carbon dioxide. Much attention is paid to the respiratory rhythm, and methods of mathematical analysis. In particular, it is recommended to use the periodogram analysis of the respiratory rhythm, because this analysis allows the most adequate to estimate the frequency of respiratory movements throughout the test. And thus determine the influence of the frequency component at the value and mechanical ventilation parameters of respiration, as well as to predict the effectiveness of respiratory reactions of athletes to physical loads in a certain period of training and competitions.

**Keywords:** respiratory rhythm, the mechanics of respiration, regulation, menstrual cycle, physical exercise.

*Поступила в редакцію 11.04.2010 г.*

УДК 612.43/45+612.018:612.351.5+612.36:591.132.5

## ВЛИЯНИЕ ВАЗОПРЕССИНА НА КИСЛОРОДНЫЙ БАЛАНС, ТЕПЛО- И ЖЕЛЧЕОБРАЗОВАНИЕ В ПЕЧЕНИ

Янчук П.И.<sup>1</sup>, Макаручук Н.Е.<sup>1</sup>, Весельский С.П.<sup>2</sup>, Горенко З.А.<sup>2</sup>, Карбовская Л.С.<sup>1</sup>,  
Сепидех Парчами Газе Мехди<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

<sup>2</sup>НИИ физиологии имени академика Петра Богача биологического факультета Киевского  
национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

E-mail: gemini2@ukr.net

В острых опытах на наркотизированных нембуталом собаках и в условиях хронического эксперимента на собаках исследовали влияние вазопрессина (ВП) на кислородный баланс, тепло- и желчеобразовательную функции печени. Показано, что внутривенное введение ВП в вазоактивной дозе повышает теплообразование в печени и потребление ею кислорода наряду с кратковременным уменьшением доставки к ней O<sub>2</sub>, уровень рO<sub>2</sub> в железе при этом понижается. В невазоактивной дозе ВП повышает объемную скорость холереза, усиливает биосинтез гидроксихолановых кислот в гепатоцитах и процессы конъюгации желчных кислот с таурином.

**Ключевые слова:** вазопрессин, печень, потребление кислорода, тепло- и желчеобразование, желчные кислоты.

### ВВЕДЕНИЕ

Гипоталамус, как высший интегративный центр регуляции вегетативных функций, оказывает специфическое и дифференцированное влияние на функциональные элементы печени [1-3]. Важную роль при этом играют нейропептиды гипоталамического происхождения, одним из которых является вазопрессин. Влияние вазопрессина на кровообращение и напряжение кислорода в печени изучалось нами ранее [4, 5]. Представляет интерес одновременное исследование теплообразования и тканевого дыхания в печени под воздействием вазопрессина, однако такие сведения в информационных источниках отсутствуют.

Активно воздействуя на тонус сосудов, обмен воды и неорганических ионов, вазопрессин может модулировать обмен веществ в различных клеточных системах, включая гепатоциты [6-9]. Об этом свидетельствуют, в частности, изменения биосинтеза желчных кислот под воздействием вазопрессина [10-12]. Следует отметить, что в модельных клеточных опытах и в опытах на изолированной печени выявлен, главным образом, стимулирующий эффект вазопрессина на желчеобразование, тогда как в острых опытах и немногочисленных хронических экспериментах на животных реакция на введение этого нейропептида была неоднозначной [13-15]. Кроме того, в большинстве работ приведены данные лишь об изменениях суммарного уровня желчных кислот в желчи и нет возможности реально оценить какие звенья полиферментных систем гепатоцитов, принимающие

участие в процессах желчеобразования, наиболее существенно реагируют на воздействие вазопрессина.

Целью работы было исследовать влияние вазопрессина на тканевое дыхание, тепло- и желчеобразование в печени

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования проведены в условиях острого и хронического эксперимента на 18 беспородных собаках обоего пола массой 14-21 кг. При оперативных вмешательствах и во время острых опытов животных наркотизировали этиминалом натрия (30-35 мг/кг внутривенно). В острых опытах у собак регистрировали давление в сонной артерии (АД) и воротной вене (Двв) электроманометром ЭМТ-31, напряжение кислорода ( $pO_2$ ) в паренхиме печени – полярографом LP-9 при помощи платиновых остеклованных электродов. В качестве индифферентного использовали хлорсеребряный электрод. Калибровку электродов осуществляли в соответствии с работой [16]. Об интенсивности окислительного метаболизма в печени судили по скорости падения  $pO_2$  в течение одномоментной окклюзии приносящих сосудов печени [17]. При этом рассчитывали две константы, характеризующие скорость потребления кислорода:  $K_1$  – в начале и  $K_2$  – в конце окклюзии сосудов. Температуру печени измеряли термистером МТ-54, включенным в плечо моста постоянного тока. Все показатели записывали на регистраторе НО71.6М. Аргинин-вазопрессин (“Serva”, Германия) вводили в дозе 300 нг/кг внутривенно.

Желчеобразовательную функцию печени исследовали в условиях хронического эксперимента на собаках с вживленной комбинированной холецисто-дуоденальной фистульной трубкой при дважды перевязанном и перерезанном общем желчном протоке. Конструкция фистульной трубки позволяет желчи вне опыта попадать в двенадцатиперстную кишку, что исключает расстройства пищеварения и желчеобразования, неизбежные при хронической потере секрета [18]. Учитывая, что интенсивность секреции желчи в определенной степени отражает суточный обменный ритм, все опыты проводили на голодных собаках (спустя 20 часов после кормления) в одно и то же время (с 10 до 14 часов). В опытах учитывали количество желчи, отделяемой печенью каждые 30 минут в течение 4 часов секреции. Синтетический аналог вазопрессина – десмопрессин (Амеда Фарма, Индия) вводили внутримышечно в дозах 0,1 и 0,2 нг/кг через час после начала эксперимента. В качестве контроля служили опыты, в которых животным внутримышечно вводили физраствор. В каждой получасовой пробе желчи с помощью тонкослойной хроматографии определяли содержание отдельных групп желчных кислот (таурохолевой – ТХК, смеси таурохенодезоксихолевой и тауродезоксихолевой – ТХДХК+ТДХК, свободной холевой – ХК, смеси хенодезоксихолевой и дезоксихолевой – ХДХК+ДХК) [19]. Дебит составных частей в желчи определяли умножением количества вещества в единице объема на весь объем полученной пробы секрета и рассчитывали на 1 кг массы животного.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с применением пакета прикладных программ «Statistika 6.0» с использованием t-

критерия Стьюдента, поскольку данные имели нормальное распределение при их проверке с помощью теста Шапиро-Уилка. Достоверными считали различия между контролем и опытом при  $p < 0,05$ .

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Печени присуща высокая метаболическая активность в связи с выполнением ею ряда важных функций и, в первую очередь, желчсекреторной, для реализации которых необходима адекватная доставка с кровью кислорода и пластического материала к ее функциональным элементам. Исследования проведенные нами ранее [5] свидетельствуют о том, что вазопрессин оказывает дозозависимое влияние на кровообращение печени. Введение вазопрессина в дозе 300 нг/кг внутривенно (в/п) вызывало сужение артериальных сосудов чревных органов (печени, кишечника), в результате чего происходило уменьшение кровотока в печеночной артерии на 29 %, а также, как следствие констрикции брыжеечных сосудов, снижение давления и кровотока в воротной вене на 14-21 %. Сужение артериальных сосудов печени было кратковременным и через 1-2 мин исчезало, а кровоток в печеночной артерии увеличивался выше исходного на 26 % и следовал за изменениями повышенного артериального давления. Кратковременность реакции печеночной артерии, по-видимому, связана с саморегуляторным ускользанием ее от вазоконстрикции, что возникает всякий раз, как только ухудшается кровоснабжение печени [20]. Нами [4] было также показано, что вазопрессин наряду с сужением артериальных сосудов чревных органов вызывал слабые, но постоянно воспроизводимые изменения  $pO_2$  в печени: первоначальное повышение на 14% с последующим (через 1-2 мин) его понижением на 17%. Длительность реакции достигала 40-50 мин, т.е. значительно дольше в сравнении с изменениями печеночного кровообращения.

В нынешней серии опытов одновременно с регистрацией уровня напряжения кислорода в печени и определением скорости потребления ею  $O_2$  мы записывали изменения температуры в железе под воздействием ВП. Следует отметить, что напряжение кислорода в ткани является интегративным показателем, функцией двух переменных – доставки  $O_2$  к органу, т.е. кровотока, и потребления  $O_2$  клетками, т.е. тканевого дыхания [16]. Вышеописанная первая фаза реакции  $pO_2$  (повышение его уровня) на вазопрессин обусловлена, вероятнее всего, повышением уровня АД, тогда как вторая фаза (понижение  $pO_2$ ), которая продолжалась и после нормализации всех показателей кровообращения, вызвана, как мы предположили, изменениями тканевого дыхания в печени. Дальнейшие наши исследования подтвердили эту точку зрения. Внутривенное введение вазопрессина подопытным животным в дозе 300 нг/кг вызывало достоверное увеличение коэффициентов потребления кислорода печенью. Так,  $K_1$  повышался на 32 % ( $p < 0,01$ ), достигая своего максимума на 10-й мин с момента введения гормона, а  $K_2$  увеличивался на 63% ( $p < 0,001$ ), с максимумом реакции на 23-й мин. Восстанавливались эти показатели к исходному уровню лишь на 40-50-й минутах. Корреляционный анализ выявил достоверную обратную зависимость между изменениями  $K_1$  и  $pO_2$  ( $r = -0,761$ ;  $p < 0,01$ ) и  $K_2$  и  $pO_2$  ( $r = -0,672$ ;  $p < 0,05$ ).



Наряду с изменениями кислородного баланса в печени введение вазопрессина вызывало повышение температуры в железе на  $0,11 \pm 0,01^\circ\text{C}$  ( $p < 0,05$ ) по сравнению с исходным уровнем. В связи с тем, что температура любого органа определяется взаимодействием двух процессов – теплообразования и теплоотдачи (в данном случае отведением тепла с кровью), для изучения первого процесса в печени мы решили точно так же, как и при определении потребления кислорода, путем временной остановки печеночного кровотока (одновременная окклюзия печеночной артерии и воротной вены на протяжении одной минуты) максимально уменьшить второй процесс. При этом наблюдалось закономерное повышение температуры печени на  $0,13 \pm 0,01^\circ\text{C}$  ( $p < 0,05$ ), а во время окклюзии магистральных сосудов на фоне действия ВП наблюдалось еще более существенное ( $+0,25 \pm 0,01^\circ\text{C}$ ;  $p < 0,01$ ) повышение температуры органа. То есть, прирост температуры в печени на введение вазопрессина составлял  $0,12 \pm 0,01^\circ\text{C}$  ( $p < 0,05$ ). Это свидетельствует о том, что вазопрессин вызывает увеличение теплообразования в печени. К тому же, между изменениями температуры печени и потребления ею кислорода нами выявлена четкая корреляционная связь ( $r = 0,849$ ;  $p < 0,001$ ).

Следовательно, вазопрессин в вазоактивной дозе повышает скорость потребления кислорода печенью и теплообразование в ней наряду с более кратковременным уменьшением доставки к ней  $\text{O}_2$ , уровень  $\text{pO}_2$  в железе при этом понижается.

Полученные нами результаты об угнетающем влиянии вазопрессина на потребление  $\text{O}_2$  гепатоцитами у собак согласуются с данными полученными другими авторами в опытах *in vitro* [21] и *in vivo* [13] на крысах. Известно, что метаболические эффекты ВП в печени связаны с активацией процессов гликогенолиза и глюконеогенеза [8, 22, 23]. Гормон при этом повышает скорость эндогенного дыхания митохондрий гепатоцитов [13]. Вместе с тем, не исключена возможность влияния вазопрессина и на такой кислородзависимый процесс в печени как секреция компонентов желчи.

В связи с тем, что реакции печеночной гемодинамики протекают относительно быстрее, чем желчсекреторный процес, а также ввиду того, что вазоактивной концентрации в плазме крови вазопрессин достигает лишь во время возникновения кризисных состояний организма, тогда как в норме его концентрация в крови значительно ниже, в серии хронических опытов по изучению секреторной функции печени мы использовали синтетический аналог аргинин-вазопрессина – десмопрессин, обладающий пролонгированным действием (период полураспада составляет 1,5-2,5 часа), и способным связываться не только с  $V_2$ , как считалось ранее, но и с  $V_{1a}$  и  $V_{1b}$  вазопрессиновыми рецепторами [24, 25], в невазоактивных дозах - 0,1 и 0,2 нг/кг, внутримышечно. Пороговая вазоактивная доза вазопрессина в наших опытах составила 30 нг/кг внутривенно.

Исследования, проведенные нами в условиях хронического эксперимента, показали, что желчеобразовательная функция печени собак весьма чувствительна к вазопрессину. Об этом свидетельствует выраженная (по сравнению с контролем) гиперхолесекреция, которая наблюдалась после введения пептида, как в отдельных получасовых пробах, так и в целом за три часа опыта (табл.1). Вазопрессин в дозе

0,1 нг/кг вызывал достоверное увеличение объемной скорости холесекреции во втором, третьем и четвертом получасовых промежутках с момента введения препарата и в целом за опыт желчи секретировалось на 62,2% ( $p < 0,05$ ) больше, чем в контроле. Увеличение дозы пептида в два раза не вызвало достоверных изменений уровня холереза как в отдельных пробах, так и в сумме за опыт (табл. 1).

**Таблица 1.**  
**Изменения объема желчи собак (мл/кг) в получасовых пробах под влиянием вазопрессина в дозах 0,1 и 0,2 нг/кг ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )**

Пробы желчи	Контроль n=10	Вазопрессин (0,1 нг/кг) n=10	Вазопрессин (0,2 нг/кг) n=5
1	0,31±0,04	0,33±0,05	0,28±0,07
2	0,22±0,02	0,44±0,08*	0,28±0,06
3	0,22±0,03	0,43±0,05**	0,19±0,04
4	0,24±0,03	0,38±0,05*	0,36±0,14
5	0,23±0,03	0,32±0,04	0,26±0,06
6	0,25±0,06	0,42±0,07	0,30±0,11
Сумма	1,43±0,09	2,32±0,19***	1,67±0,28

Примечание: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$  по сравнению с контролем

Отмеченные изменения уровня секреции желчи сопровождались существенными сдвигами качественных и количественных характеристик ее органических составляющих, в частности, отдельных групп желчных кислот. Известно, что в желчи собак основная часть желчекислотного спектра (74-83%) представлена формами, конъюгированными с таурином (таурохолевая, таурохенодезоксихолевая, тауродезоксихолевая кислоты), а свободные желчные кислоты (холевая, хенодезоксихолевая, дезоксихолевая) составляют меньшую часть [26, 27]. Присутствующие в незначительном количестве сульфоконъюгаты выявляются с трудом.

Наши исследования свидетельствуют, что вазопрессин изменял как концентрацию, так и дебит отдельных групп желчных кислот. Вместе с тем, следует отметить, что стимулирующий эффект пептида в зависимости от дозы по-разному проявился на уровне биосинтеза и степени конъюгирования определенных групп холатов. Так, под влиянием вазопрессина в дозе 0,1 нг/кг, в первом, втором и третьем получасах достоверно повышались концентрации свободных хенодезоксихолевой и дезоксихолевой кислот, тогда как концентрация свободной холевой кислоты понижалась со  $188,3 \pm 3,8$  мг% в контроле до  $157,5 \pm 14,3$  мг% ( $p < 0,05$ ) в опыте, с максимумом реакции в пятом получасе.

Введение вазопрессина в дозе 0,2 нг/кг вызывало более существенные изменения показателей концентрации желчных кислот. В течение всего опыта концентрация свободных хенодезоксихолевой и дезоксихолевой кислот в желчи была достоверно выше таковой контроля. Кроме того, концентрация таурохолевой

## ВЛИЯНИЕ ВАЗОПРЕССИНА НА КИСЛОРОДНЫЙ БАЛАНС,

кислоты в желчи также значительно превышала показатели спонтанного холереза, тогда как концентрация свободной холевой кислоты колебалась в пределах контрольных величин.

Естественно, изменения уровня холереза и соотношения отдельных групп желчных кислот под воздействием вазопрессина отразились и на дебите исследуемых органических составных желчи (табл. 2). Так, в контроле у собак в течение 4 часов опыта наблюдалось постепенное уменьшение дебита суммарных холатов, что происходит в основном за счет снижения уровня таурокоњуатов. Вместе с тем, концентрация свободных желчных кислот постепенно возрастала, однако в связи со снижением в течение опыта уровня желчеотделения, их дебит также уменьшался.

**Таблица 2.**

**Дебит желчных кислот (мг/кг) в получасовых пробах желчи собак в контроле (n=10) и под влиянием вазопрессина в дозах 0,1 нг/кг (n=10) и 0,2 нг/кг (n=5)**  
( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ )

Пробы	Серия опытов	ТХК	ТХДХК+ТДХК	ХК	ХДХК+ДХК
1	Контроль	4,97±0,68	2,18±0,32	0,42±0,04	0,052±0,0055
	ВП 0,1 нг/кг	8,28±1,28*	3,22±0,57	0,69±0,09*	0,120±0,0188**
	ВП 0,2 нг/кг	7,74±1,64	2,84±0,52	0,45±0,10	0,094±0,025
2	Контроль	4,49±0,57	1,94±0,27	0,39±0,05	0,047±0,0058
	ВП 0,1 нг/кг	8,98±1,52*	3,73±0,61*	0,89±0,14**	0,165±0,0363**
	ВП 0,2 нг/кг	7,87±1,30*	3,07±0,40*	0,50±0,09	0,096±0,0216*
3	Контроль	3,87±0,47	1,65±0,19	0,38±0,05	0,047±0,0076
	ВП 0,1 нг/кг	8,67±1,17**	3,51±0,52**	0,87±0,12**	0,156±0,0249***
	ВП 0,2 нг/кг	5,38±0,81	2,07±0,23	0,37±0,05	0,072±0,0073*
4	Контроль	3,83±0,37	1,54±0,17	0,43±0,05	0,054±0,0067
	ВП 0,1 нг/кг	7,49±1,21**	2,89±0,45*	0,76±0,13*	0,122±0,0169**
	ВП 0,2 нг/кг	7,86±2,54	3,59±1,30	0,66±0,22	0,14±0,047
5	Контроль	3,14±0,30	1,33±0,14	0,38±0,04	0,046±0,0050
	ВП 0,1 нг/кг	5,86±0,85**	2,17±0,28*	0,58±0,09	0,097±0,0137**
	ВП 0,2 нг/кг	5,56±0,93*	2,13±0,34*	0,50±0,09	0,11±0,0202*
6	Контроль	2,92±0,36	1,01±0,10	0,36±0,05	0,049±0,0063
	ВП 0,1 нг/кг	6,30±0,87**	2,66±0,47**	0,64±0,08**	0,121±0,0208**
	ВП 0,2 нг/кг	5,74±1,72	2,37±0,78	0,56±0,22	0,118±0,0385
Сумма	Контроль	24,76±1,76	10,53±0,77	2,56±0,23	0,332±0,0335
	ВП 0,1 нг/кг	46,26±4,32***	8,18±1,71***	4,55±0,43***	0,781±0,0853***
	ВП 0,2 нг/кг	40,15±4,03**	16,07±1,45**	2,82±0,22	0,630±0,0861**

*Примечание:* \* – p<0,05; \*\* – p<0,01; \*\*\* – p<0,001 по сравнению с контролем

Вазопрессин, в зависимости от дозы, по-разному влиял на дебит отдельных желчных кислот, что наиболее наглядно проявилось для таурохолевой кислоты. Так, в дозе 0,1 нг/кг вазопрессин наряду с повышением интенсивности холереза

достоверно увеличивал содержание таурохолевой кислоты во всех получасовых пробах желчи и в целом за весь опыт показатель возрос на 86,8 % по сравнению с контролем. В то же время, при действии вазопрессина в дозе 0,2 нг/кг достоверные отличия в дебите таурохолевой кислоты во втором и, особенно, в пятом получасовом промежутках были обусловлены значительно более высокими концентрациями ее в желчи подопытных собак при недостоверных отличиях интенсивности желчеотделения. Показатели дебита таурохолевой кислоты в желчи в отмеченные промежутки опыта составляли  $7,87 \pm 1,3$  мг/кг ( $p < 0,05$ ) и  $5,56 \pm 0,93$  мг/кг ( $p < 0,05$ ) соответственно при  $4,49 \pm 0,57$  мг/кг и  $3,14 \pm 0,30$  мг/кг в контроле. Обусловленные вазопрессином изменения обмена веществ в гепатоцитах способствовали существенной активации ферментов, обеспечивающих процессы конъюгации желчных кислот с таурином, о чем свидетельствует достоверное возрастание дебита таурохолатов в сумме за опыт на 82,6 % и 59,5 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем при использовании пептида в дозах 0,1 и 0,2 нг/кг соответственно.

Изменения содержания в желчи хенодезоксихолевой и дезоксихолевой желчных кислот под влиянием вазопрессина в основном обусловлены повышением их концентрации, которое наблюдалось в большинстве получасовых проб эксперимента. Это свидетельствует о значительном доминировании путей биосинтеза желчных кислот, тесно сопряженного с митохондриальными полиферментными системами [28], что в определенной степени подтверждается полученными нами данными об активации вазопрессином тканевого дыхания в печени собак, а также сведениями других авторов, которые обнаружили стимуляцию эндогенного дыхания митохондрий гепатоцитов под влиянием этого пептида у крыс [13, 21].

Выявленные нами различия в эффектах вазопрессина на внешнесекреторную функцию печени собак указывают на сложный характер его регуляторного воздействия, который реализуется путем изменения активности различных полиферментных систем гепатоцитов, обеспечивающих процессы конъюгации и гидроксирования желчных кислот. Ранее исследователи [13, 14] предполагали, что влияние вазопрессина на желчеотделение реализуется преимущественно за счет изменения кислотонезависимой или протоковой фракции желчи с активацией  $K^+$ ,  $Na^+$ -АТФаз в клетках печени. Возможно, это частично отразилось и на результатах наших исследований при введении вазопрессина в дозе 0,1 нг/кг, поскольку уровень желчеотделения значительно возрос при недостоверных изменениях концентрации конъюгированных желчных кислот. Однако, показатели как концентрации, так и дебита свободных диоксихолановых желчных кислот указывают на усиление их биосинтеза под влиянием нейропептида в этой дозе. Применение вазопрессина в дозе 0,2 нг/кг сопровождалось усилением процессов как биосинтеза, так и конъюгации желчных кислот, что подтверждается достоверными изменениями содержания последних в желчи на фоне незакономерных изменений объемной скорости холереза.

**ВЫВОД**

Вазопрессин в вазоактивной дозе повышает теплообразование в печени и скорость потребления ею кислорода наряду с кратковременным уменьшением доставки к ней  $O_2$ , уровень  $pO_2$  в железе при этом понижается. В невазоактивной дозе гормон повышает объемную скорость холереза и увеличивает содержание в желчи ее органических компонентов, усиливая биосинтез диоксихолановых кислот в гепатоцитах и процессы конъюгации желчных кислот с таурином.

**Список литературы**

1. Shimazu T. The hypothalamus and metabolic control / Shimazu T. – Japan: Matsuyama Seci Co. Ltd., 1998. – 843 p.
2. Tsybenko V.A. Central nervous control of hepatic circulation / V.A. Tsybenko, P.I. Yanchuk // *Jornal of the Autonomic Nervous System*. – 1991. – Vol. 33. – P. 255–266.
3. Tsybenko V.A. Central and peripheral activation of sympathetic innervation of liver: effects on hepatic blood flow and respiration / V.A. Tsybenko, P.I. Yanchuk // *Liver innervation and neural control of hepatic function*. T. Shimazu (Edit.). London, 1996. – P. 265–273.
4. Изменения кровообращения и напряжения кислорода в печени под влиянием вазопрессина и окситоцина / Цыбенко В.А., Янчук П.И., Егорова Л.С. [и др.] // *Проблемы физиологии гипоталамуса*. – 1988. – Вып. 22. – С.12–17.
5. Цыбенко В.А. Влияние гормонов нейрогипофиза на печеночное кровообращение / Цыбенко В.А., Янчук П.И., Ткачук О.В. // *Физиол. журн. (АН УССР)*. – 1988. – Т. 34, № 6. – С. 70–75.
6. Теппермен Дж. Физиология обмена веществ и эндокринной системы / Дж. Теппермен, Х. Теппермен [пер. с англ.]. – М.: Мир, 1989. – 654 с.
7.  $Ca^{2+}$  waves are organized among hepatocytes in the intact organ / M.N. Nathanson, A.D. Burgstahler, A. Mennone [et al.] // *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* – 1995. – Vol. 269. – P.G167–G171.
8. Zonation of the metabolic action of vasopressin in the bivascularly perfused rat liver / A.P. Schmeisch, D.S. de Oliveira, L.T. Ide [et al.] // *Regul. pept.*: Jul 15 2005. – Vol.129 (1-3). – P. 233–243.
9. V1a vasopressin receptors maintain normal blood pressure by regulating circulating blood volume and baroreflex sensitivity / Koschimizu T., Nasa Y., Tanoue A. [et al.] // *PNAS*. – 2006. – Vol. 103 (20). – P. 7807–7812.
10. Саратиков А.С. Желчеобразование и желчегонные средства / А.С. Саратиков, Н.П. Скакун–Томск: Изд-во Томского университета, 1991. – 258 с.
11. Hypermetabolism of fat in V1a vasopressin receptor knockout mice / Hiroyama M., Aoyagi T., Fujiwara Y. [et al.] // *Molecular Endocrinology*. – 2007. – Vol. 21 (1). – P. 247–258.
12. Kuhn W.F. Stimulation of taurocholate and glycocholate efflux from the rat hepatocyte by arginine vasopressin / W.F. Kuhn, D.A. Gewirtz // *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol.* – 1988. – Vol. 254 (17). – P. G732–G740.
13. Механизм влияния вазопрессина на желчеотделение и метаболические процессы в печени / Есипенко Б.Е., Воробей А.И., Жалило Л.И. [и др.] // *Проблемы физиологии гипоталамуса*. – 1992. – Вып. 26. – С. 135–141.
14. Масюк А. И. Холеретическое действие нейропептидов при ингибировании биосинтеза белка в гепатоцитах / Масюк А. И., Канивец Т. В., Долгова Е. Н. // *Проблемы физиологии гипоталамуса*. – 1991. – Вып. 25. – С. 60–63.
15. Receptor-mediated stimulation of taurocholate efflux from the rat hepatocyte and the ex vivo perfused rat liver / W.F.Kuhn, D.M. Neuman, Z.R. Vlahcevic [et al.] // *Eur. J. Pharmacol.* – 1990. – Vol. 175(2). – P. 117–128.
16. Березовский В.А. Напряжение кислорода в тканях животных и человека / Березовский В.А. – К.: Наукова думка, 1975. – 280 с.
17. Нейрогенный контроль окислительного метаболизма в печени / В.А. Цыбенко, Л.С. Егорова, Н.В. Михайлова [и др.] // *Физиол. журн. СССР*. – 1988. – Т. 74, № 5. – С. 737–745.

18. Лященко П.С. К методике исследования внешнесекреторной функции печени у собак / П.С. Лященко // Физиол. журн. СССР. - 1975. - Т. 61, № 12. - С. 1891-1893.
19. А. с. 4411066/14 СССР, МБИ G 01 N 33/50. Способ определения желчных кислот в биологической жидкости / С.П. Весельский, П.С. Лященко, И.А. Лукьяненко (СССР). - № 1624322 ; заявл. 25.01.1988 ; опубл. 30.01.1991, Бюл. № 4.
20. Lauth W.W. The hepatic vasculature: a conceptual review / W.W. Lauth // Gastroenterol. - 1997. - Vol. 73 (5). - P. 1163-1169.
21. Binet A. Alfa-adrenergic stimulation of respiration in isolated rats hepatocytes / A. Binet, M. Claret. // Biochem. J. - 1983. - Vol. 210. - P. 867-873.
22. Абельсон Ю.О. Метаболическое действие нейрогипофизарных гормонов / Ю.О. Абельсон // Успехи физиол. наук. - 1985. - Т. 16, № 2. - С. 33-60.
23. Рыбальченко В.К. Мембранотропная активность нейрогипофизарных гормонов / В.К. Рыбальченко, Г.В. Островская. - Луганск: Элтон-2, 1998. - 82 с.
24. Characterization of a novel nonpeptide vasopressin V2-agonist, OPC-51803, in cell transfected human vasopressin receptor subtypes / S. Nakamura, Y. Yamamura, S. Itoh [et al.] // British Journal of Pharmacology. - 2000. - Vol. 129. - P. 1700-1706.
25. Saito M. 1-desamino-8-D-arginine vasopressin (DDAVP) as an agonist on V<sub>1b</sub> vasopressin receptor / M. Saito, A. Tahara, T. Sugimoto // Biochem. Pharmacol. - 1997. - Vol. 53. - P. 1711-1717.
26. Весельський С.П. Зміни органічного складу жовчі собак під впливом пептидів / С.П. Весельський // Вісник Київського університету. Проблеми регуляції фізіологічних функцій. - 1999. - Вип. 5. - С. 7-10.
27. Ганиткевич Я.В. Исследование желчи. Биохимические и биофизические методы / Я.В. Ганиткевич, Я.И. Карбач - К.: Вища школа. - 1985. - 135 с.
28. Chiang J. Regulation of bile acid synthesis / J. Chiang // Frontiers in Bioscience. - 1998. - Vol. 3. - P. d176-193.

**Янчук П.И. Вплив вазопресину на кисневий баланс, тепло- та жовчоутворення в печінці / П.И. Янчук, М.Ю. Макачук, С.П. Весельський [та ін.] // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. - 2010. - Т. 23 (62). - № 1. - С. 150-158.**

В гострих дослідах на наркотизованих нембуталом собаках та в умовах хронічного експерименту на собаках вивчали вплив вазопресину на кисневий баланс, тепло- та жовчоутворювальну функцію печінки. Показано, що внутрішньопортальне введення вазопресину у вазоактивній дозі підвищує теплоутворення в печінці та споживання нею кисню разом з короткочасним зменшенням постачання до неї O<sub>2</sub>, рівень pO<sub>2</sub> в залозі при цьому знижується. У невазоактивній дозі вазопресин підвищує об'ємну швидкість холерезу, підсилює біосинтез дигідроксихоланових кислот в гепатоцитах та процеси кон'югації жовчних кислот з таурином.

**Ключові слова:** вазопресин, печінка, споживання кисню, тепло- і жовчоутворення, жовчні кислоти.

**Yanchuk P.I. The effect of vasopressin on oxygen balance, heat generation and bile formation in liver / P.I. Yanchuk, M.Y. Makarchuk, S.P. Veselsky [et al.] // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2010. - V.23 (62). - № 1. - P. 150-158.**

In acute experiments on nembutal anesthetized dogs and chronic experiments on dogs, studied the effect of vasopressin on the oxygen balance, heat generation and bile formation in liver. The study showed that, injection of vasopressin at the vasoactive dose in portal vein increased heat generation and O<sub>2</sub> consumption, parallel to a short time decrease in O<sub>2</sub> delivery, while the pO<sub>2</sub> in liver is decreased. In non vasoconstrictive dose, vasopressin increases volume speed of choleresis, intensity of deoxycholic acids biosynthesis in hepatocytes and conjugation of bile acids with taurine.

**Key words:** vasopressin, liver, oxygen consumption, heat generation, bile formation, bile acids.

*Поступила в редакцію 15.03.2010 г.*

**УДК 613.168:591.169.1:595.123**

## **ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХНИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ ГОЛОВНОГО КОНЦА ПЛАНАРИЙ *DUGESIA* *TIGRINA***

**Ярмолюк Н.С.**

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

ПеМП СНЧ с амплитудой в области «нанотеслового» диапазона существенно стимулирует регенерацию планарий *Dugesia tigrina*, о чем свидетельствует возрастание индекса регенерации и скорости движения.

**Ключевые слова:** ПеМП СНЧ, регенерация, планарии.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Исследование биологического действия переменного магнитного поля с параметрами, близкими к параметрам естественных МП, является актуальной проблемой биофизики. Это связано с тем, что этот фактор рассматривается как возможный датчик времени биологических ритмов в широком диапазоне периодов, как предвестники землетрясений, как посредник солнечно-земных связей. Кроме того, их интенсивность высока как в спокойный период, так особенно при геомагнитных возмущениях [1]. Получены данные о биологической активности ПеМП частотой 1-10 Гц в экспериментах на позвоночных: крысах, кроликах, мышах [2]. В частности, получены данные о зависимости их действия от параметров поля, состояния биологического объекта и рассмотрены некоторые механизмы их действия. Для уточнения этих результатов необходимы опыты на моделях или простейших животных. Одной из таких модельных систем являются регенерирующие планарии.

Исследования экологических факторов различных параметров с использованием планарий проведено в различных лабораториях, но влияние на них ПеМП 8 Гц не изучено. И в связи с этим, целью исследования явилось изучение влияния ПеМП на регенерацию и скорость движения планарий *Dugesia tigrina*.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В работе использована лабораторная бесполовая раса планарий *Dugesia tigrina*, условия ее содержания и кормления описаны в более ранних работах [3].

Для эксперимента отбирали животных длиной  $\approx 9 \pm 1$  мм, у которых движение осуществлялось за счет ресничек, а не мускулатуры [4]. Во время опыта манипуляции проводили с помощью пипетки. Под бинокулярным микроскопом глазным скальпелем

в нестерильных условиях производилась ампутация 1/5 части головного конца тела планарий, содержащей головной ганглий, непосредственно под «ушами».

Декапитированных планарий делили на две группы по 25 особей в каждой, которых помещали в стеклянные стаканы, содержащие по 50 мл воды. Первую группу составил биологический контроль (К), регенерация у них протекала без каких-либо дополнительных воздействий. Животных второй группы (ПеМП) ежедневно в течение трех часов подвергали воздействию ПеМП СЧ. Ежедневно в течение одного часа на протяжении восьми суток эксперимента проводили контроль регенерационных процессов, фиксацию изображения, измерение температуры воды и т.д.

Для оценки динамики роста регенерационной почки (бластемы) планарии применяли метод прижизненной морфометрии, использующий компьютерные технологии анализа изображений [5, 6].

Подробное описание установки для прижизненной морфометрии, используемой в настоящем исследовании, описано ранее [7].

В качестве количественного показателя роста планарии нами использован индекс регенерации  $R=S_1/S_2$ , где  $S_1$  – площадь бластемы,  $S_2$  – площадь всего тела регенерата в данный момент времени [5]. Для определения СД планарий видеоизображения движущихся в воде червей регистрировались с частотой 30 кадров в одну секунду. Путь измерялся наложением двух участков одного видеоряда с соответствующей разницей во времени [8].

Эффективность воздействия ПеМП определяли путем вычисления коэффициента эффективности (Кэф). Каждое из измеряемых значений  $R$  как в опыте ( $R_э$ ), так и в контроле ( $R_к$ ) является результатом усреднения измерений на 25 животных. Изменение индекса регенерации в эксперименте по сравнению с контролем определялось по формуле:

$$\Delta R = \frac{(R_э - R_к) \pm (\delta_э + \delta_к)}{R_к \pm \delta_к} \cdot 100\%,$$

где  $\Delta R$  – разница (%) между величинами индекса регенерации в экспериментальной ( $R_э$ ) и контрольной ( $R_к$ ) группах,  $\delta_э, \delta_к$  – стандартные ошибки измерений в опыте и контроле.

В большинстве магнитобиологических работ переменное магнитное поле (ПеМП) используется на фоне локального постоянного магнитного поля (ПМП) Земли и, следовательно, наблюдаемые эффекты являются результатом воздействия на биосистемы модулированного или комбинированного магнитного поля (КМП), в котором постоянная и переменная компонента могут быть ориентированы друг относительно друга произвольным образом. Поэтому биоэффекты чисто ПеМП и чисто ПМП можно рассматривать как частные случаи эффектов КМП [9].

Величина постоянной вертикальной составляющей 0,35 Э, горизонтальной – 0,25 Э. В качестве переменной компоненты использовали вертикальное линейно-поляризованное магнитное поле гармонического колебания с частотой 8 Гц и магнитной индукцией 50 нТл. Опытная установка состояла из катушек индуктивности



диаметром 1 м и низкочастотного генератора ГРМ-3. Для контроля гармонического колебания использовался одноканальный лучевой осциллограф С1-114/1.

Проверка полученных данных на закон нормального распределения позволила применить параметрический метод в статистической обработке и анализе материала исследования. Вычисляли среднее значение исследуемых величин и ошибку средней. Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при  $p < 0,05$ . В качестве оценки меры близости переменных применяли линейные коэффициенты корреляции Пирсона. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel [10].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований выявили некоторые различия регенераторных процессов между группой, подвергавшейся воздействию ПеМП СНЧ и контрольными животными.

Так, в контрольной группе эксперимента индекс регенерации возрастал от  $0,0161 \pm 0,002$  усл.ед на вторые сутки до  $0,0863 \pm 0,005$  усл.ед на 8-е сутки эксперимента. В свою очередь в группе ПеМП результат колебался от  $0,0183 \pm 0,001$  усл.ед. до  $0,0938 \pm 0,005$  усл.ед. (табл.).

**Таблица.**

**Динамика индекса регенерации (усл.ед) и скорости движения (мм/сек.)  
контрольной и экспериментальной групп планарий ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ )**

Сутки эксперимента	Исследуемые показатели			
	Индекс регенерации		Скорость движения	
	Контроль	ПеМП	Контроль	ПеМП
2	$0,0161 \pm 0,002$	$0,0183 \pm 0,001$ $p < 0,01$	$0,9237 \pm 0,068$	$1,1833 \pm 0,1019$ $p < 0,05$
3	$0,022 \pm 0,002$	$0,0291 \pm 0,002$ $p < 0,001$	$1,009 \pm 0,048$	$1,2994 \pm 0,1013$ $p < 0,05$
4	$0,0431 \pm 0,003$	$0,0439 \pm 0,003$	$1,3487 \pm 0,085$	$1,1468 \pm 0,0855$
5	$0,0565 \pm 0,005$	$0,0614 \pm 0,006$	$1,4485 \pm 0,063$	$1,45 \pm 0,079$
6	$0,0697 \pm 0,004$	$0,0745 \pm 0,005$	$1,5413 \pm 0,067$	$1,4747 \pm 0,063$
7	$0,0804 \pm 0,004$	$0,0909 \pm 0,004$ $p < 0,01$	$1,6037 \pm 0,07$	$1,5361 \pm 0,066$
8	$0,0863 \pm 0,005$	$0,0938 \pm 0,005$ $p < 0,05$	$1,6375 \pm 0,0739$	$1,6315 \pm 0,0768$

*Примечание:* P – достоверность различий при сравнении с данными контрольной группы.

При анализе исследуемых показателей, было выявлено, что ПеМП СНЧ оказывает влияние на регенераторные процессы планарий *Dugesia tigrina*. На вторые сутки наблюдается максимальное достоверное увеличение коэффициента

эффективности, рассчитанного для ИР,  $\approx$  на 32 % ( $p < 0,001$ ). На следующие сутки характерно снижение стимуляции  $\approx$  до 2 %. Начиная с пятых суток наблюдения, эффективность ПемП СНЧ вновь несколько увеличивается, и значения ИР варьируются  $\approx$  от 3 % до 14 %, достигая достоверных различий на 7-е ( $p < 0,01$ ) и 8-е ( $p < 0,05$ ) сутки эксперимента (рис.1).



Рис.1. Коэффициент эффективности ПемП СНЧ, рассчитанный по индексу регенерации планарий.

*Примечание:* P – достоверность различий при сравнении с данными контрольной группы  
\* – ( $p < 0,001$ ); \*\* – ( $p < 0,01$ ); \*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

Характеризуя изменения скорости движения планарий можно отметить, что в группе интактных животных изучаемый показатель в течение восьми суток возрастал от  $0,9237 \pm 0,06$  усл.ед. до  $1,6375 \pm 0,07$  усл.ед. Тогда как в экспериментальной группе (ПемП) СД на протяжении исследования варьировалась от  $1,1468 \pm 0,08$  усл.ед до  $1,6315 \pm 0,0768$  усл.ед. (табл.).

При анализе коэффициента эффективности, рассчитанного по скорости движения, можно отметить, что в первые дни эксперимента наблюдается достоверное возрастание СД при действии ПемП СНЧ. Так, на третьи сутки характерно максимальное увеличение эффекта, которое составило  $\approx 29$  % ( $p < 0,05$ ) (рис.2). Начиная с четвертых суток, фиксируется снижение уровня изучаемого показателя. Его минимальное значение достигло  $\approx -15$  % на четвертые сутки наблюдения, однако этот результат не был статистически достоверным. На пятые сутки Кэф приблизился к нулю, в этот момент не наблюдается различий между контрольной и экспериментальной группами. На протяжении последующих трех суток наблюдается тенденция к снижению эффекта воздействия ПемП СНЧ, при этом изучаемый показатель приобретает отрицательные значения и колеблется в пределах от -1 % (на восьмые сутки) до -4 % (на шестые сутки) (рис.2).

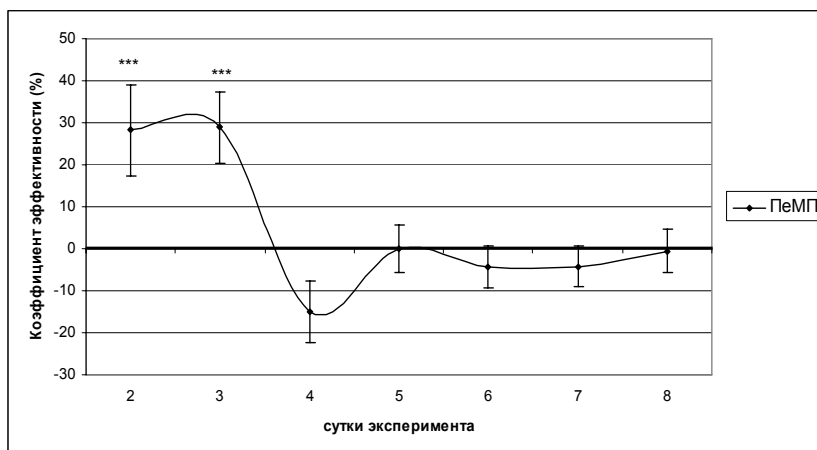


Рис.2. Коэффициент эффективности (Кэф) ПеМП СНЧ, рассчитанного по скорости движения планарий.

Примечание: Р – достоверность различий при сравнении с данными контрольной группы  
\*\*\* – ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, СД в нашем исследовании изменялась однотипно с ИР, однако изменения этого показателя были выражены меньше, чем изменения ИР. Коэффициент корреляции между Кэф ИР и Кэф СД составил 0,6 ( $p < 0,05$ ).

Полученные нами данные о способности «нанотесловых» ПеМП частотой 8 Гц стимулировать регенерацию планарий соответствуют сведениям об изменении этого процесса под влиянием электромагнитных факторов различных параметров [1, 11-14]. Объяснение этих факторов может быть дано на основе мелатониновой теории воздействия ПеМП, согласно которой физиологические эффекты обусловлены способностью электромагнитных факторов подавлять синтез мелатонина. С помощью иммунофлюоресцентных методов и методов жидкостной хроматографии мелатонин обнаружен и у планарий, синтез которого испытывает, также как и у позвоночных, циркадианный ритм [15, 16]. Известно, что мелатонин обладает выраженной антипролиферативной активностью [17, 18], поэтому снижение его синтеза при действии ПеМП выражается в стимуляции регенераторных процессов. Возможно также, что влияние ПеМП СНЧ на регенерацию планарий реализуется через изменение свойств воды. Леднев В.В. и др. [19] показали, что биологически эффективные нано- и даже пикотесловые ПеМП существенно изменяют свойства водно-солевых растворов  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Дальнейшие исследования позволят конкретизировать эти предположения.

## ВЫВОДЫ

1. Восьмисуточное воздействие на регенерирующих планарий ПеМП 8 Гц 50 нТл приводит к стимуляции их регенерации. Максимальное значение ИР наблюдается на третьи сутки и составляет  $\approx 32$  % относительно контрольных

данных. В дальнейшие сроки ИР снижается и на 5-8-е сутки превышает данные контрольной группы на 8-12 %.

2. Скорость движения планарий в первые сутки эксперимента превышает значения контрольной группы на  $\approx 29$  %, а к середине эксперимента на 4-8-е сутки значения СД не отличается от данных контрольной группы.

### Список литературы

1. Темуриянц Н.А. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире / Темуриянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. – Киев, Наукова думка, 1992. – 188 с.
2. Темуриянц Н.А. Некоторые причины невоспроизводимости результатов исследований биологической эффективности слабых ПемП СНЧ / Н.А. Темуриянц, Е.Ю. Грабовская, Е.И. Нагаева // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2007. – Т. 3 (1) – С. 46–58.
3. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темуриянц, М.М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 2. – С. 24–32.
4. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Ниельсен – М: «Мир», 1982. – С. 555–643
5. Турас Х.П. Прижизненная морфометрия планарий / Х.П. Турас, Н.Ю. Сахарова // Онтогенез. – 1984. – Т.15 (1). – С. 42–48.
6. Турас Х.П. Критерии и стадии регенерации у планарий / Х.П. Турас, В.И. Хачко // Онтогенез. – 1990. – Т 21. – С. 620–624.
7. Установка для прижизненной морфометрии регенерации планарий / В.Т. Вишневикий, М.М. Махонина, Н.А. Демцун [и др.] // Ученые записки ТНУ. – 2007. – Т. 20 (59), №4. – С. 18–21.
8. Темуриянц Н.А. Динамика скорости движения планарий *Dugesia tigrina*, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования в различные сезоны года / Н.А. Темуриянц, Н.А. Демцун, М.М. Баранова // Физика живого. – 2009. – Т. 17, № 1. – С. 112–118.
9. Использование планарий для изучения действия экологических факторов / Н.А. Темуриянц, Н.А. Демцун, Н.С. Ярмолюк [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61) – № 1. – С. 78–86.
10. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К: Модмон, 2000. – 319 с.
11. Jenrow K.A. Weak extremely low frequency magnetic fields and regeneration in the planarian *Dugesia tigrina* / K.A. Jenrow, C.H. Smith, A.R. Liboff // Bioelectromagnetics. – 1995. – V. 16. – P. 106–112.
12. Jenrow K.A. Weak extremely low frequency magnetic field – induced regeneration anomalies in the planarian *Dugesia tigrina* / K.A. Jenrow, C.H. Smith, A.R. Liboff // Bioelectromagnetics. – 1996. – V.17. – P. 467–474.
13. Влияние слабых и сверхслабых комбинированных постоянного и низкочастотного переменного магнитных полей и миллиметровых волн низкой интенсивности на регенерацию планарий *Dugesia tigrina* / Новиков В.В., Шейман И.М., Клубин А.В. [и др.] // Биофизика – 2007 – Т.52, вып. 2, С. 372–375.
14. Морфогенез планарий *Dugesia tigrina* / И.М. Шейман, Н.Д. Крещенко, З.В. Седельников [и др.] // Онтогенез. – 2004. – Т. 35, №4 – С. 285–290
15. Itoh M.T. Circadian rhythms of melatonin-synthesizing enzyme activities and melatonin levels in planarians / M.T. Itoh, T. Shinozawa, Y. Sumi // Brain Res. – 1999. – 830 (1) – P. 165–173
16. Itoh M.T. Circadian rhythm of serotonin levels in planarians / M.T. Itoh, J. Igarashi // Neuroreport. – 2000. – 11 (3) – P. 473–476
17. Melatonin as a free radical scavenger: Implication for aging and age-related diseases / R.J. Reiter, D.-X. Tan, B. Poeggeler [et al.] // Ann. N.Y. Acad. Sci. – 1994. – V.719. – P. 1–12.
18. Анисимов В.Н. Мелатонин в роль в организме, применение в клинике / Анисимов В.Н. – СПб: «Система», 2007. – 40 с.

19. Биоэффекты слабых переменных магнитных полей и биологические предвестники землетрясений / Леднев В.В., Белова Н.А., Рождественская З.Е. [и др.] // Геофизические процессы и биосфера. – 2003. – Т.2, № 1. – С. 3–11.

**Ярмолюк Н.С.** Вплив змінного магнітного поля наднизької частоти на регенерацію головного кінця планарій *Dugesia tigrina* / Н.С. Ярмолюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 159-165.

ЗМП ННЧ з амплітудою в області «нанотеслового» діапазону істотно стимулює регенерацію планарій *Dugesia tigrina*, про що свідчить зростання індексу регенерації та швидкості руху.

**Ключові слова:** ЗМП ННЧ, регенерація, планарії.

**Yarmolyuk N.S.** Effect of variable magnetic field of ultra low frequencies on the regeneration of the cephalic end of planarian *Dugesia tigrina* / N.S. Yarmolyuk // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 159-165.

ELF alternating magnetic field with an amplitude of "nanotesla" range significantly stimulates the regeneration of planarian *Dugesia tigrina*, as evidenced by the increase of index of regeneration and speed of locomotor activity.

**Keywords:** ULF alternating magnetic field, regeneration, planarian.

*Поступила в редакцію 19.04.2010 г.*

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского  
Серия «Биология, химия». Том 23 (62). 2010. № 1. С. 166-171.

УДК 546.48+547.79

## МОЛЕКУЛЯРНОЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСА КАДМИЯ С 3-(ПИРИДИН-2-ИЛ)-5-(2-САЛИЦИЛИДЕНИМИНОФЕНИЛ)-1Н- 1,2,4-ТРИАЗОЛОМ

Гусев А.Н.<sup>1</sup>, Еременко И.Л.<sup>2</sup>, Кискин М.А.<sup>2</sup>, Шульгин В.Ф.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Таврический национальный университет им.В.И. Вернадского, Симферополь, Украина

<sup>2</sup>Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва, Россия

E-mail: galex0330@rambler.ru

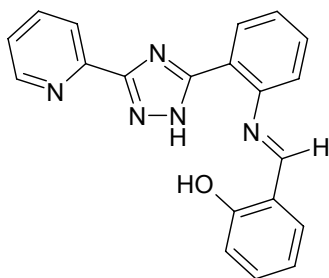
Описаны результаты исследования молекулярной и кристаллической структуры комплекса кадмия с 3-(пиридин-2-ил)-5-(2-салицилидениминофенил)-1Н-1,2,4-триазолом (H<sub>2</sub>L) состава Cd<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>L)<sub>2</sub>(CH<sub>3</sub>COO)<sub>4</sub>·3EtOH. Кристаллы моноклинные, пр. гр. C2/c,  $a=26,1536(10)$ ,  $b=21,4975(8)$ ,  $c=10,0212(4)$  Å,  $\beta=97,3050(10)^\circ$ ;  $Z=4,8343$  рефлекса с  $I(\sigma)>2$ ,  $R=0,0376$ ,  $R_w=0,1284$ . Комплекс имеет биядерное строение, центральные атомы расположены на расстоянии 3,938 Å друг от друга и связаны двумя тридентатно-мостиковыми ацетат-анионами. Еще два ацетат-аниона занимают терминальное положение и координированы бидентатно. Координационные полиэдры катионов кадмия имеют сильно искаженную геометрию пентагональной бипирамиды.

**Ключевые слова:** кадмий, 1,2,4-триазол, кристаллическая структура, рентгеноструктурный анализ.

### ВВЕДЕНИЕ

Координационные соединения производных 1,2,4-триазола, постоянно привлекают внимание исследователей в связи с тем, что они обладают интересными оптическими свойствами. Так, некоторые комплексы цинка [1], кадмия [2], рутения [3, 4] и иридия [5, 6] проявляют интенсивную фото- и электролюминесценцию, что создает перспективы для их применения при создании новых оптических материалов.

Недавно был описан новый класс люминесцентных комплексов цинка с продуктами конденсации 3-(пиридин)-5-(2-аминофенил)-1Н-1,2,4-триазолов и салицилового альдегида [7]. В настоящем сообщении приведены результаты исследования строения комплекса кадмия с 3-(пиридин-2-ил)-5-(2-салицилидениминофенил)-1Н-1,2,4-триазолом:



## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Используемый в работе 3-(пиридин-2'-ил)-5-(2'-аминофенил)-1H-1,2,4-триазол синтезирован взаимодействием нитрила соответствующей пиридинкарбоновой кислоты с гидразидом 2-аминобензойной кислоты [8].

Исследуемое координационное соединение получено по следующей методике. К суспензии 1,05 г (3 ммоль) 3-(пиридин-2-ил)-5-(2-салицилидениминофенил)-1H-1,2,4-триазола (H<sub>2</sub>L) в 10 мл 96 %-ного этанола добавляли 3 ммоль ацетата кадмия и перемешивали 2 часа при нагревании. Выпавший осадок оставляли на ночь под маточным раствором, отфильтровывали, промывали спиртом и высушивали на воздухе. Получили 1,40 г мелких кристаллов бледно-желтого цвета. Выход соединения составил 73 % от теоретического в расчете на триазол. Состав комплекса отвечает формуле Cd<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>L)<sub>2</sub>(CH<sub>3</sub>COO)<sub>4</sub> 3EtOH (1). Найдено, %: Cd - 17,22; N - 11,18. Для C<sub>54</sub>H<sub>60</sub>N<sub>10</sub>O<sub>13</sub>Cd<sub>2</sub> вычислено, %: Cd - 17,54; N - 10,92.

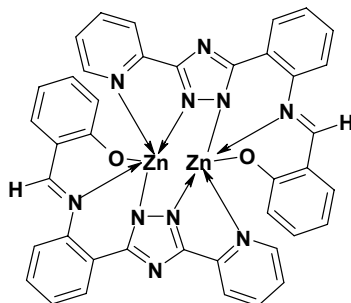
Содержание кадмия рассчитано на основании данных трилометрического титрования [9] после термического разложения навески, азот определен микрометодом по Дюма [10]. Монокристаллы для рентгеноструктурного анализа получены перекристаллизацией из этанола. Рентгеноструктурное исследование проведено при 150 К на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker Smart Apex II (MoK $\alpha$  - излучение, графитовый монохроматор,  $\lambda = 0,71073$  Å).

Кристаллы моноклинные с линейными размерами 0,40 x 0,20 x 0,20 мм. Пространственная группа C2/c, a=26,1536(10); b=21,4975(8); c=10,0212(4) Å;  $\beta=97,3050(10)$  °; V=5588,6 Å<sup>3</sup>; Z=4;  $\rho_{\text{расч.}}=1,524$  г·см<sup>-3</sup>;  $\mu=0,833$  мм<sup>-1</sup>. Варьирование  $\theta$  от 1,23 до 30,61°, сегмент сферы  $-37 < h < 33$ ,  $-30 < k < 30$ ,  $-14 < l < 11$ . Всего было собрано 22493 отражения, из которых 8343 являются симметрически независимыми (R-фактор усреднения 0,0501). В уточнении использовано 8343 отражения с  $I > 2\sigma(I)$  (370 уточняемых параметров). Окончательные значения факторов расходимости R=0,0376, R<sub>w</sub>=0,1284; GOF=1,026. Остаточная электронная плотность из разностного ряда Фурье 1,813 и -1,203 е/Å<sup>3</sup>.

Учет поглощения в кристалле 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 [11]. Полный набор рентгеноструктурных данных будет задепонирован в Кембриджском банке структурных данных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее нами было показано, что реакция ацетата цинка с 3-(пиридин-2-ил)-5-(2-салицилидениминофенил)-1Н-1,2,4-триазолом (Н2L) приводит к получению биядерного комплекса с двукратно депротонированной линейной формой лиганда:



Взаимодействие Н2L с ацетатом кадмия в аналогичных условиях дает комплекс иного строения (рис. 1).

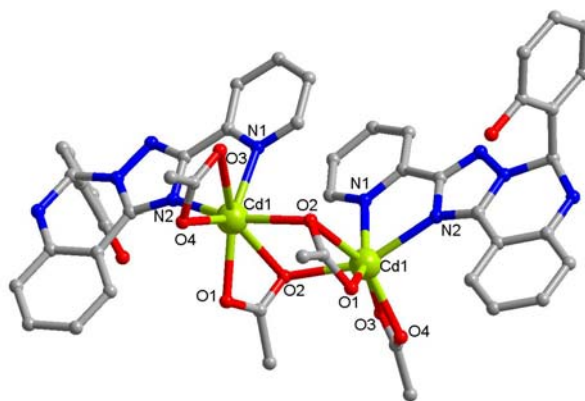


Рис. 1. Молекулярное строение и нумерация атомов биядерного комплекса  $\text{Cd}_2(\text{H}_2\text{L})_2(\text{CH}_3\text{COO})_4 \cdot 3\text{EtOH}$ .

Катионы кадмия расположены на расстоянии 3,94 Å и связаны двумя тридентатно-мостиковыми ацетат-анионами, координированными по типу 32-с [12]. Еще два ацетат-аниона координированы бидентатно и заметно ассиметричны: длина связи C(3)-O(3) равна 1,242 Å и длина связи C(3)-O(4) составляет 1,283 Å. Связи углерод-кислород в бинуклеирующих ацетат-анионах более симметричны (длины связей C(1)-O(1) и C(1)-O(2) равны 1,257 и 1,264 Å соответственно).

Координационная сфера центрального атома образована пятью атомами кислорода ацетат-анионов, а также двумя атомами азота триазола и может быть описана как сильно искаженная пентагональная бипирамида с атомами O(2) и N(2) в аксиальном положении. Длины связей и валентные углы координационного полиэдра катиона кадмия представлены в Табл.



Таблица.  
Основные длины связей (d) и валентные углы (ω) для комплекса 1

Связь	d/Å	Угол	ω/град
Cd(1)-O(1)	2,279(2)	O(4)-Cd(1)-O(1)	86,59(7)
Cd(1)-O(2)	2,587(2)	O(4)-Cd(1)-N(1)	125,63(7)
Cd(1)-O(2)#1	2,328(2)	O(1)-Cd(1)-N(1)	147,17(7)
Cd(1)-O(3)	2,728(2)	O(4)-Cd(1)-O(2)#1	103,82(7)
Cd(1)-O(4)	2,250(2)	O(1)-Cd(1)-O(2)#1	92,80(7)
Cd(1)-N(1)	2,307(2)	N(1)-Cd(1)-O(2)#1	85,81(7)
Cd(1)-N(2)	2,372(2)	O(4)-Cd(1)-N(2)	99,15(7)
		O(1)-Cd(1)-N(2)	98,32(7)
		N(1)-Cd(1)-N(2)	72,73(7)
		O(2)#1-Cd(1)-N(2)	155,00(7)
		O(4)-Cd(1)-O(2)	138,77(7)
		O(1)-Cd(1)-O(2)	53,43(7)
		N(1)-Cd(1)-O(2)	95,41(7)
		O(2)#1-Cd(1)-O(2)	72,35(8)
		N(2)-Cd(1)-O(2)	96,57(7)

Четырехчленный цикл Cd2O2, занимающий центральное положение в молекуле, асимметричен и заметно изогнут. Двухгранный угол между плоскостями O(2)Cd(1)O(2)# равен 14,8°. Валентные углы OCdO и CdOCd составляют 72,4 и 106,4 ° соответственно. Триазольный цикл координирован через атом N(2), что для лигандов данного типа нехарактерно [3]. Связь Cd(1)-N(2)2 (2,372 Å) несколько длиннее связи Cd(1)-N(1) (2,307 Å). Триазольный, фенильный и пиридилные циклы лежат практически в одной плоскости, а 2-гидроксифенильный фрагмент повернут относительно пиридильного кольца на угол 89,1°. Связь N(2)-N(3) (1,354 Å) несколько короче стандартной одинарной связи азот-азот (1,451 Å), что может быть вызвано делокализацией двойной связи в триазольном фрагменте. Связь C(22)-N(4) (1,47 Å) заметно удлинена, что свидетельствует о ее низкой прочности. Остальные связи в пределах органических лигандов имеют обычные значения [13].

Молекулы этанола занимают внешнесферное положение и одна из них сильно разупорядочена. Стабилизация кристаллической решетки осуществляется за счет системы водородных связей и невалентных взаимодействий между плоскостями сопряженных азотсодержащих гетероциклов, расположенных на расстоянии 3,43 Å (стэкинг).

## ВЫВОД

В результате проведенного исследования объективно установлена молекулярная структура биядерного комплекса ацетата кадмия с 3-(пиридин-2-ил)-5-(2-салицилидениминофенил)-1Н-1,2,4-триазолом.

Список литературы

1. Jian-Yun Du. Two novel four-coordinated zinc(II) complexes  $[Zn(dmatrz)_2Cl_2]$  and  $[Zn(dmatrz)_2(SCN)_2]$  exhibiting strong blue fluorescent properties / Du Jian-Yun // *Trans. Metal Chem.* – 2004. – Vol. 29. – P. 699–702.
2. Synthesis of a series of 4-pyridyl-1,2,4-triazole-containing cadmium(II) luminescent complexes / Ding Bin, Yi Long, Wang Ying [et al.] // *Dalton Trans.* – 2006. – №. 5. – P. 665–675.
3. Haasnoot J.G. Mononuclear, oligonuclear and polynuclear metal coordination compounds with 1,2,4-triazole derivatives as ligands / J.G. Haasnoot // *Coord. Chem. Rev.* – 2000. – Vol. 200–202. – P. 131–185.
4. Synthesis of mononuclear and dinuclear ruthenium(II) tris(heteroleptic) complexes via photosubstitution in bis(carbonyl) precursors / D. Mulhern, S. Brooker, H. Georls [et al.] // *Dalton Trans.* – 2006. – №. 1. – P. 51–57.
5. Cheng-Han Yang. Heteroleptic Cyclometalated Iridium(III) Complexes Displaying Blue Phosphorescence in Solution and Solid State at Room Temperature / Yang Cheng-Han, Li Shih-Wen, Chi Yun // *Inorg. Chem.* – 2005. – Vol. 44. – №. 22. – P. 7770–7780.
6. Blue-Emitting Heteroleptic Iridium(III) Complexes Suitable for High-Efficiency Phosphorescent OLEDs // Yang Cheng-Han, Cheng Yi-Ming, Chi Yun [et al.] // *Angew. Chem. Int. Ed.* – 2007. – Vol. 46. – P. 2418–2421.
7. Gadirov R.M. Blue – green luminescence of  $Zn_2L_2$  in thin films / R.M. Gadirov, K.M. Degtyarenko, N.S.Eremina [et al.] // *The 9<sup>th</sup> International Conference. Atomic and molecular pulsed lasers.* Sept. 14-18, 2009, Tomsk, Russia. Book of abstr. P. 47.
8. Patent 4198513 USA. 1,2,4-Triazoles / John J. Bardwin, Frederick C. Novello. Merck & Co. Inc. – 05/894450. Filed April 7, 1978, Published April 15, 1980.
9. Пришибил Р. Аналитическое применение этилендиаминтетрауксусной кислоты и родственных соединений / Пришибил Р. – М.: Мир, 1975. – 531 с.
10. Климова В.А. Основные микрометоды анализа органических соединений / Климова В.А. – М.: Химия, 1975. – 224 с.
11. Sheldrick G.M. SHELX97. Program for the Solution of Crystal Structures / G.M.Sheldrick. – Göttingen (Germany). – Göttingen University, 1997.
12. Порай-Кошиц М.А. Кристаллохимия и стереохимия одноосновных карбоксилатов переходных металлов / М.А. Порай-Кошиц // *Журнал структурной химии.* – 1980. – Т. 21. – № 3. – С. 146–180.
13. 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. – S. 1–19.

**Гусев О.М. Молекулярна та кристалічна будова комплексу кадмію з 3-(піридин-2-іл)-5-(2-саліциліденімінофеніл)-1Н-1,2,4-триазолом / О.М. Гусев, І.Л. Єрьоменко, М.О. Кіскін [та ін] // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 166-171.**

Описано результати дослідження молекулярної та кристалічної будови комплексу кадмію з 3-(піридин-2-іл)-5-(2-саліциліденімінофеніл)-1Н-1,2,4-триазолом ( $H_2L$ ), що мають такий склад –  $Cd_2(H_2L)_2(CH_3COO)_4 \cdot 3EtOH$ . Кристали моноклінні, пр. гр.  $C2/c$ ,  $a=26,1536(10)$ ,  $b=21,4975(8)$ ,  $c=10,0212(4)$  Å,  $\beta=97.3050(10)^\circ$ ;  $Z=4, 22493$  віддзеркалень з  $I(\sigma) > 2$ ,  $R=0,0376$ ,  $R_w=0,1284$ . Комплекс має біядерну будову, центральні атоми розташовані на відстані  $3,938$  Å один від одного і зв'язані двома тридентатно-містковими ацетат-аніонами. Ще два ацетат-аніони займають термінальне положення і координовані бідентатно. Координаційні поліедри катіонів кадмію мають геометрію сильно викривленої пентагональної біпіраміди.

**Ключові слова:** кадмій, 1,2,4-триазол, кристалічна структура, рентгеноструктурний аналіз.

Gusev A.N. Molecular and crystal structure of the cadmium 3-(pyridine-2-yl)-5-(2-salicylideneiminophenyl)-1H-1,2,4-triazole's complex / A.N. Gusev, I.L. Eremenko, M.A. Kiskin [et al] // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 166-171.

The results of the molecular and crystal structure investigation of the cadmium complex with 3-(pyridine-2-yl)-5-(2-salicylideneiminophenyl)-1H-1,2,4-triazole's ( $H_2L$ ) are described. Composition of the complex  $Cd_2(H_2L)_2(CH_3COO)_4 \cdot 3EtOH$ . Crystals are monoclinic, space group  $C2/c$ ,  $a=26,1536(10)$ ,  $b=21,4975(8)$ ,  $c=10,0212(4)$  Å,  $\beta=97.3050(10)^\circ$ ;  $Z=4,22493$  reflections with  $c I(\sigma) > 2$ ,  $R=0,0376$ ,  $R_w=0,1284$ . Complex has binuclear structure, distance between central atoms which connected by the acetate-ions – 3,938 Å. Two another acetate-ions function as bidentate ligand and occupy terminal position. Coordination polyhedrons of cadmium are distorted pentagonal bipyramide.

**Key words:** cadmium, 1,2,4-triazole, molecular structure, X-rays analysis.

*Поступила в редакцию 18.03.2010 г.*

**УДК 547.918+547.597**

**ПРЕПАРАТИВНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ  
ЛОМОНОСА ВИНОГРАДОЛИСТНОГО С ПОМОЩЬЮ  
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ,  
КОМБИНИРОВАННОЙ ДЕТЕКТОРОМ ПО СВЕТОРАССЕИВАНИЮ**

*Зайцев Г.П.*

*Национальный Институт Винограда и Вина “Магарач”, Ялта, Украина  
E-mail: gorg-83@mail*

Показано, что ВЭЖХ вместе с ELSD детектированием успешно используется в разделении и очистке тритерпеновых гликозидов Ломоноса виноградолистного. Также продемонстрировано, что ВЭЖХ вместе с ELSD детектированием – эффективный метод отделения компонентов от естественных продуктов не поглощающих свет в ультрафиолетовой области.

**Ключевые слова:** Ломонос виноградолистный, тритерпеновые гликозиды, гликозиды А-С.

**ВВЕДЕНИЕ**

Во флоре Крыма род *Clematis* представлен четырьмя видами *Clematis vitalba*, *C. flammula*, *C. integrifolia* и *C. orientalis*. Наибольшее распространение имеет Ломонос виноградолистный (*Clematis vitalba*). Последние три дикорастущих вида клематиса встречаются редко.

Растение используется в народной медицине для лечения различных воспалительных заболеваний, ревматизма, простатита, гонореи, хронических кожных заболеваний и варикозного расширения вен. Химический состав мало изучен. Различными авторами констатировалось наличие тритерпеновых гликозидов [1, 2] и описаны вещества фенольной природы [3]. В связи с этим мы продолжим исследование химического состава Ломоноса виноградолистного. Основное внимание было уделено установлению структуры, изучению распределения и динамики накопления тритерпеновых гликозидов в различных органах этого растения.



Рис. 1. Ломоноса виноградолистный в природных условиях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Растительный материал Ломоноса виноградолистного (рис. 1) был собран в Бахчисарайском районе близ реки Альма в феврале, марте, июле и сентябре 2009 года. Части растения высушивали и измельчили.

Тритерпеновые гликозиды извлекали 50%-ным раствором этанола в воде из измельченного сырья. Водно-этанольные экстракты концентрировали в вакууме, переосаждали ацетоном из водных растворов, реэкстрагировали *n*-бутиловым спиртом и высушивали в вакууме роторного испарителя. Суммарную фракцию тритерпеновых гликозидов подвергали препаративному хроматографическому разделению на сорбенте с обращенной фазой.

В исследовании использовалось оборудование фирмы Agilent Technologies – высокоэффективный жидкостный хроматограф модель Agilent 1100 укомплектованный 4-х канальным насосом градиента низкого давления, вакуумным дегазатором, автоматическим инжектором проб, термостатом колонок, спектрофотометрическим детектором на диодной матрице, детектором по светорассеиванию ELSD Agilent G4218A и масс-детектором Agilent 6410 с ионизационным источником – электроспрей.

Аналитическое ВЭЖХ разделение тритерпеновых гликозидов производили на хроматографической колонке ZORBAX-SB-C18 (150×2.1 мм) с зернением сорбента 3,5 мкм в градиентном элюировании 20 % метанолом, 20 % ацетонитрилом, 60 % 0,01 5 % водной трифторуксусной кислотой до 100 % метанола за 18 мин. Температура термостата колонок 40 °С, поток подвижной фазы 0,25 мл/мин. Объем инъекции 2 мкл. Спектрофотометрическое детектирование 206 нм и 254 нм, на детекторе по светорассеиванию (ELSD) при давлении азота 3,0 атм, температуре 100 °С. Масс-спектрометрический анализ проводился аналогично описанному в [4]. Препаративное разделение суммы гликозидов производили на хроматографической колонке Supelcosil C18 (210×21 мм) с зернением сорбента 5 мкм. Аналитическое разделение моносахаридов, образующихся при гидролизе гликозидов производили на колонке Supelcogel C610-H (300×7,8×9 мкм) с элюированием 0,1% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Температура термостата 30 °С, поток подвижной фазы 0,5 мл/мин. Объем инъекции 5 мкл. Детектирование производилось на рефрактометрическом детекторе.

Кислотный гидролиз тритерпеновых гликозидов проводили в смеси диоксана и 4 н водной трифторуксусной кислоты (1:1) в запаянной ампуле при 100 °С в течение 5 часов, содержимое ампул концентрировали в вакууме, разбавляли водой и центрифугировали. После гидролиза гидрофильную составляющую анализировали на состав углеводов методом ВЭЖХ, а липофильную фракцию анализировали на состав агликонов методом ТСХ. Щелочной гидролиз проводили в растворе содержащем 4 н КОН в 50 % метаноле в запаянной ампуле при 100 °С в течение 2 часов. Осадок после щелочного гидролиза промывали водой и подвергали кислотному гидролизу по вышеописанной схеме.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного нами исследования в составе тритерпеновых гликозидов Ломоноса виноградолистного обнаружены три основных компонента названные нами по степени уменьшения полярности гликозидами А, В и С (рис. 2).

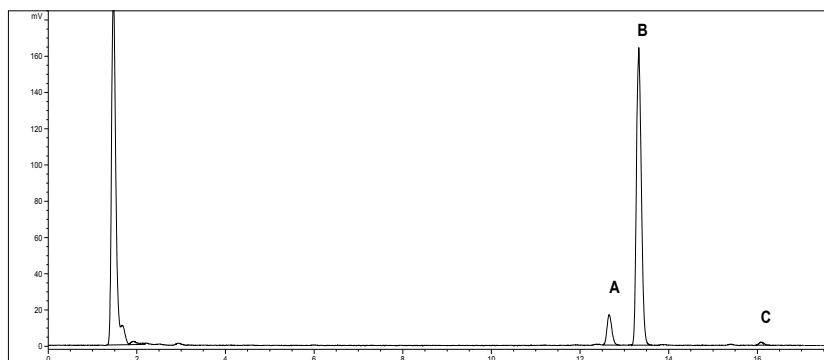


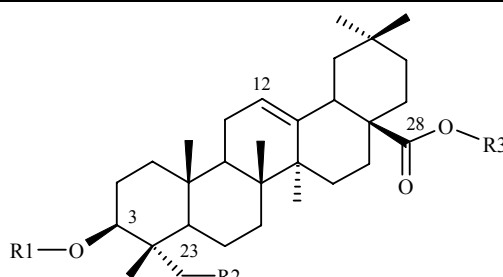
Рис. 2. Хроматограмма фракции тритерпеновых гликозидов корней Ломоноса виноградолистного, собранных в феврале 2009 г., полученная на детекторе по светорассеиванию ELSD.

По результатам исследования Табл. 1, гликозиды А и В содержат по 6 моносахаридов и имеют в качестве агликона хедерагенин. Гликозид С – также содержит 6 моносахаридов, но в качестве агликона содержит олеаноловую кислоту.

Таблица 1.

Масс–спектрометрические данные гликозидов А-С

Соединение	Молекулярная масса иона [M-H] <sup>-</sup> m/z, (-ESI-MS)	Молекулярная масса иона [M+NH <sub>4</sub> ] <sup>+</sup> m/z, (+ESI-MS)	Расчетная формула иона [M-H] <sup>-</sup>
Гликозид А	1351	1370	C <sub>64</sub> H <sub>103</sub> O <sub>30</sub>
Гликозид В	1351	1370	C <sub>64</sub> H <sub>103</sub> O <sub>30</sub>
Гликозид С	1335	1354	C <sub>64</sub> H <sub>103</sub> O <sub>29</sub>



	Моносахариды R1	R2	Моносахариды R3
Гликозид А	Rib, Rha, Ara, Glc	OH	Rha, Glc
Гликозид В	Rib, Rha, Ara	OH	Rha, Glc, Glc
Гликозид С	Rib, Rha, Ara	H	Rha, Glc, Glc

Рис.3. Химический состав тритерпеновых гликозидов Ломоноса виноградолистного.

## ПРЕПАРАТИВНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ

В рамках исследования нами получены сведения о распределении идентифицированных веществ в органах растения и динамике их накопления в корнях. Установлено, что гликозиды накапливаются в корнях к периоду покоя, а в вегетационный период они концентрируются в листьях и молодых побегах (табл. 2). Данные получены с помощью ELSD детектора, калибровка производилась по выделенному гликозиду В.

Таблица 2.

### Содержание гликозидов А-С

Содержание в % сух. веса	корни 02.09	корни 03.09	корни 07.09	корни 09.09	листья 07.09	соцветия 07.09	лоза 07.09
Гликозид А	0,313	0,587	0,028	0,027	1,097	0,260	0,000
Гликозид В	2,982	1,115	0,687	0,356	0,474	0,701	0,039
Гликозид С	0,399	0,133	0,018	0,020	0,034	0,062	0,027
Сумма	3,694	1,835	0,733	0,403	1,605	1,023	0,066

### ВЫВОД

Изучен состав тритерпеновых гликозидов Ломоноса виноградолистного, выделены три основных компонента гликозиды А, В и С. Благодаря способности детектора по светорассеиванию в равной степени регистрировать нелетучие компоненты экстрактов, была изучена динамика накопления гликозидов в корнях Ломоноса виноградолистного и распределение в вегетативной части растения в летний период.

### Список литературы

1. Chirva V.Ya. Ribose in the triterpene glycosides of *Clematis vitalba* / V.Ya. Chirva, P.K. Kintya, V.N. Mel'nikov // *Chemistry of Natural Compounds*. – 1971. – № 3. – Vol. 7. – P.284–286.
2. Kintya P.K. Structure of vitalboside D from *Clematis vitalba* / P.K. Kintya, V.M. Mel'nikov, V.Ya. Chirva // *Chemistry of Natural Compounds*. – 1974. – № 6. – Vol. 10. – P. 833.
3. Yesilada E. *Clematis vitalba* L. aerial part exhibits potent anti-inflammatory, antinociceptive and antipyretic effects / E. Yesilada, E. Kupeli // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2007. – Vol. 110 – P. 504–515.
4. Multi-stage massspectrometric studies of triterpenoid saponins in crude extracts from *Acanthopanax senticosus* Harms / M. Cui, W.X. Sun, F.R. Song [et al.] // *Rapid Commun. Mass Spectrom.* – 1999. – № 13. – P. 873–879.

**Зайцев Г.П. Препаративне виділення тритерпенових глікозидів Ломоносу виноградолистного за допомогою високоефективної рідинної хроматографії комбінованої детектором по світлорозсіюванню / Г.П. Зайцев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 172-176.**

Показало, що ВЕРХ разом з ELSD детектуванням успішно використовується в розділенні й очищенні тритерпенових глікозидів Ломоносу виноградолистного. Також продемонстровано, що ВЕРХ разом з

ELSD детектуванням – ефективний метод розділення компонентів від природних продуктів не поглинаючих світло в ультрафіолетовій області.

**Ключові слова:** Ломонос виноградолистный, тритерпенові глікозиди, глікозиди А-С.

**Zaytsev G.P. Preparative isolation of triterpene glycosides from *Clematis vitalba* by high performance liquid chromatography coupled with evaporative light scattering detector / G.P. Zaytsev // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 172-176.**

The study indicated that HPLC coupled with ELSD was successfully used in the isolation and purification of triterpene glycosides from *Clematis vitalba*. It also demonstrated that HPLC coupled with ELSD is an effective method to isolate components without UV absorption from natural products.

**Keywords:** *Clematis vitalba*; Triterpenoid glycosides, glycosides A-C

*Поступила в редакцію 04.03.2010 г.*



**УДК 544.2.:544.72.05**

## **ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ И ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО АЛЮМОСИЛИКАТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ФОСФАТ-ИОНАМИ**

*Коханенко Е.В.<sup>1</sup>, Коханенко В.В.<sup>1</sup>, Першина Е.Д.<sup>1</sup>, Карпушин Н.А.<sup>2</sup>, Каздобин К.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

<sup>2</sup>*Институт общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского, Киев, Украина*

*E-mail: koxanenko.ev@mail.ru*

Экспериментально установлено участие воды в образовании многокомпонентного двойного электрического слоя на электроде в присутствии дисперсии алюмосиликатов. При появлении воды в результате гидролитических процессов увеличивается количество носителей заряда, что сказывается на изменении электрических свойств: происходит исчезновение диэлектрических свойств и появление проводящих. Исследование влажного бентонита позволило предположить наличие в нем высокоподвижных электронов. Такое явление возможно в случае формирования экситонных каналов проводимости в результате искажения собственной структуры минерала в присутствии воды. Обоснованы условия возникновения протонной проводимости в суспензиях алюмосиликатов, модифицированных фосфат-ионами с непосредственным участием воды. Полученные результаты позволяют дать практическое обоснование редокс-процессов, протекающих в природной среде.

**Ключевые слова:** алюмосиликат, вода, слоистая структура, суспензия, протонная проводимость, редокс-процессы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Природные алюмосиликаты относятся к классу слоистых или канальных ионообменных материалов, характеризующихся заметным уменьшением энергии активации проводимости с повышением температуры. Плотность поверхностного заряда таких соединений в пересчете на массу может достигать 200 Кл/г. Достоинством слоистых соединений является высокая концентрация поверхностных обменных групп и поверхностной плотности заряда. Однако в природных материалах количественные показатели плотности заряда значительно уступают кислым фосфатам и арсенатам поливалентных металлов с подобной слоевой кристаллической структурой состава  $MH_x(ZrO_4)_2 \cdot nH_2O$ , а также гидратированным оксифосфатам пентавалентных металлов состава  $H_2XO_2PO_4 \cdot nH_2O$  ( $X=V, Nb, Mo$ ) и гидратированному уранилфосфату  $H_3OUO_2PO_4 \cdot 3H_2O$ . Плотность поверхностного заряда таких соединений в пересчете на массу может достигать 500-700 Кл/г [1]. Для усиления этих параметров наиболее часто используется модификация природных образцов ионами аммония, щелочного или одновалентного металла. Данный прием направлен на модификацию неорганических протонопроводящих соединений, характеризующихся высокими

показателями механической прочности и термической стабильности, а также создание гидрофильных свойств [2-6].

Присутствие воды формирует “глобулярные гидраты”, которые стабилизируются протонами  $H^+$  и  $OH^-$  группами, а также повышает вероятность образования протонных дефектов ( $H_3O^+$  или  $OH^-$ ) в слоистой структуре, что обуславливает достаточно высокую протонную проводимость, величина которой может достигать  $10^{-1}$  См·см<sup>-1</sup> при комнатной температуре. Особый интерес представляют фосфатированные материалы, в частности вольфрамфосфаты щелочных металлов и таллия. В межпакетном пространстве этих материалов локализируются молекулы воды, количество которых достигает от 7 до 12 на формульную единицу. Молекулы воды удерживаются на поверхности за счет координационных и водородных связей, что резко повышает их лабильность и способствует формированию раствора состава  $yH^+ \cdot nH_2O$  [7, 8], который и обуславливает высокую протонную проводимость. Этот раствор является аналогом заряженного дефектного слоя вблизи поверхности оксидной фазы. В связи с этим представляет интерес более детализированное рассмотрение особенностей проводящих свойств модифицированных фосфат-ионами природных алюмосиликатов.

Спектроскопия импеданса является одним из наиболее информативных методов исследования электрических и поверхностных свойств минералов [9], которые определяют и их каталитическую активность в редокс процессах [10-14], и позволяют детализировать механизмы такой активности в окислительных реакциях с участием анионов минерала и воды [15].

Цель настоящей работы – исследование электродных реакций в системе платина – алюмосиликат – вода и влияние фосфат-ионов на формирование проводимости материала.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Проанализированы спектры импеданса воздушно-сухих образцов. Исследована глина формовочная бентонитовая С4Т<sub>2</sub>К, ГОСТ 28177-89 Дашуковского месторождения (Украина), модифицированный фосфат-ионами образец этой глины [16] и «классический» протонный проводник – гидрофосфат титана [8], производимый Опытным производством ИОНХ НАН Украины. Для приготовления образцов использовали дистиллированную воду (ГОСТ 2874-82).

Концентрации ионов водорода определялась на иономере И-160.1МП с точностью измерений  $\pm 0,001$  %.

Для электрохимических измерений образцы алюмосиликатов загружали в ячейку в воздушно-сухом состоянии, а затем увлажняли на протяжении 2 час дистиллированной водой до получения 80, 1 и 0,5 об.% суспензии. Для сравнения использовали воздушно-сухой и увлажненный образцы алюмосиликата С4Т<sub>2</sub>К.

Исследования проводимости растворов и образцов материалов и механизмов электродных реакций проводили на основании анализа спектров импеданса путем построения эквивалентных схем. Спектры импеданса снимали в ячейке с

платиновыми электродами площадью по 2 см<sup>2</sup> на расстоянии 1 см на электрохимическом модуле Autolab-30, Ekochemie BV, (Нидерланды), оснащенный модулем FRA (Frequency Response Analyzer) в интервале 10<sup>-3</sup>-10<sup>6</sup> Гц. Управление модулем осуществляли при помощи программы Autolab 4.7 при амплитуде возмущающего сигнала ± 5мВ с последующей обработкой в пакете Zview 3.0.

Все опыты проведены при 20±2 °С.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении влияния воды на электрохимическое поведение образцов бентонитов зафиксировано снижение концентрации ионов водорода (смещение показаний рН в щелочную область) при смачивании дистиллированной водой (рис.1). Напротив, при смачивании водой модифицированного бентонита и гидрофосфата титана наблюдалось сильное подкисление образца. Данный факт продиктовал расширенное исследование зависимости электропроводящих свойств материала от количества содержащейся в нем воды.

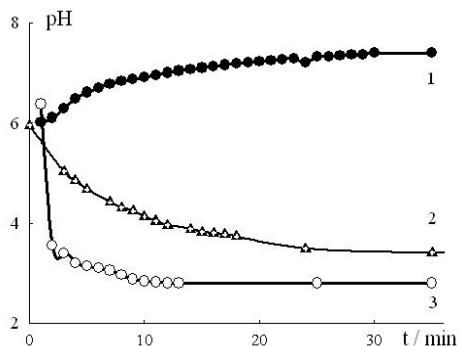
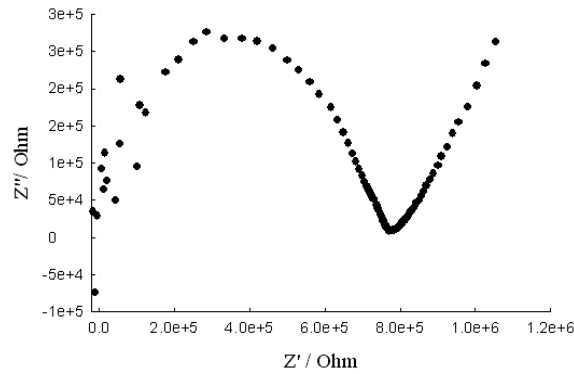


Рис. 1. Кинетика изменения концентрации ионов водорода при добавлении воды к бентониту С4Т<sub>2</sub>К(1), модифицированному бентониту (2) и гидрофосфату титана (3). Т:Ж=1:3.

Зависимость активной и реактивной составляющих импеданса для природного воздушно-сухого бентонита представляет собой полукруг с максимумом на частоте 4.3×10<sup>4</sup> Гц. При этом полный импеданс системы остается неизменным в широком диапазоне частот (0.01-10000 Гц), на частоте 10<sup>4</sup> Гц он начинает снижаться и достигает минимума на частоте 10<sup>6</sup> Гц (рис. 2). Значение активного сопротивления связано с появлением фарадеевского тока за счет протекания редокс-реакции с образованием электроактивных газов и формированием двойного электрического слоя (дэс) с участием воды, оксидов металлов, содержащихся в алюмосиликате. Параметры постоянного фазового элемента СРЕ и появление двух емкостных элементов возможно только в случае формирования сложного двойного электрического слоя, вызванного присутствием воды, гидролизованных ОН – групп минерала и присутствием газовой компоненты в каналах структуры минерала [15, 17]. Параллельно соединенные RC- элементы отвечают за сопротивление между зернами бентонита на границе раздела фаз электрод-минерал.



Элемент	Значение	Ошибка, %
$R_s$	55,77	0,0626
CPE-T	0,033	34,03
CPE-P	0,31	13,06
$C_p$	$2,15 \cdot 10^{-5}$	9,68
$R_p$	$7,05 \cdot 10^6$	7,03
$C_c$	$1,15 \cdot 10^{-5}$	10,02
$R_c$	$7,50 \cdot 10^5$	6,88

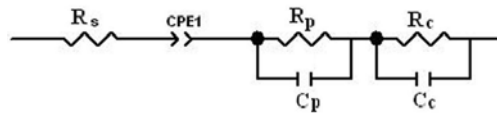


Рис. 2. Зависимость составляющих импеданса и эквивалентная схема природного воздушно-сухого бентонита.

Увеличение массовой концентрации воды в образце (80% суспензия) полностью изменило вид спектра импеданса и соответствующую ему эквивалентную схему (рис. 3). В эквивалентной схеме исчезает сопротивление образца, что соответствует схеме материалов с высокими проводящими свойствами [18], в 2 раза снижается сопротивление на электроде относительно воздушно-сухого образца, появляется индуктивность, связанная с наличием парамагнитных частиц. При этом низкие значения величин постоянного фазового элемента CPE указывают на отсутствие лимитирования стадии разряда-ионизации на электроде диффузионными процессами. Такое поведение исследуемого материала позволило предположить в нем наличие высокоподвижных заряженных частиц, образование которых возможно в случае формирования экситонных каналов проводимости в результате искажения собственной структуры минерала в присутствии воды с последующим образованием электронно-дырочных капель. Для них характерна высокая плотность электронов и дырок при малой (средней по объёму) концентрации и большая подвижность в неоднородных полях [19], что и приводит к исчезновению сопротивления фарадеевского тока.

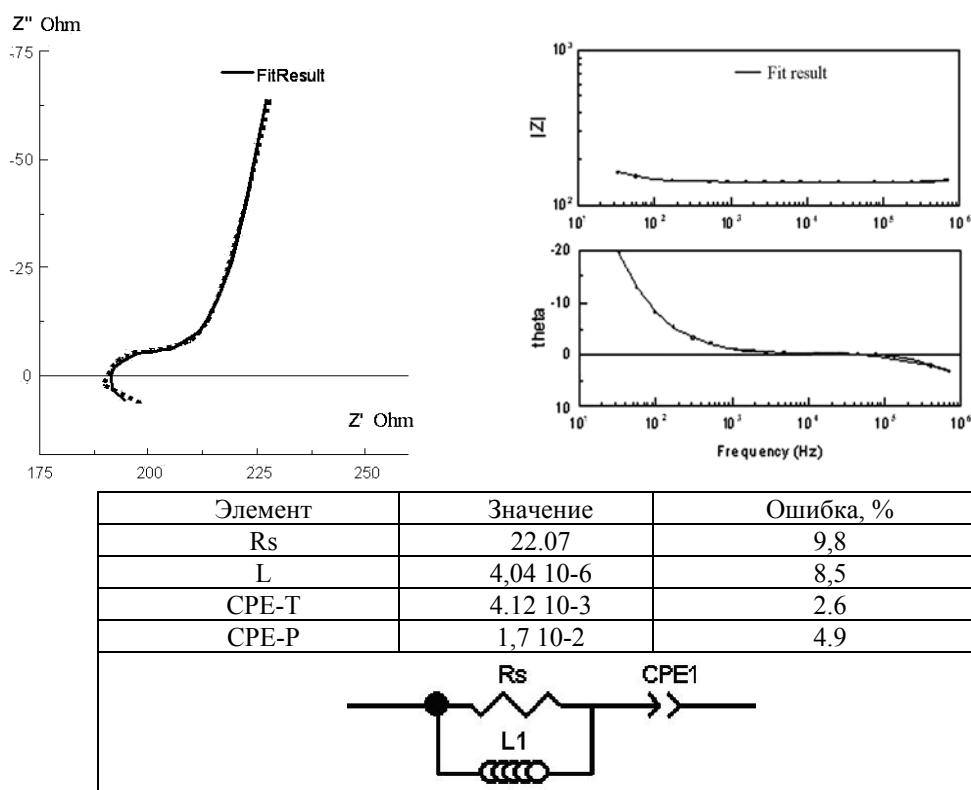


Рис. 3. Спектр импеданса и эквивалентная схема природного бентонита C4T<sub>2</sub>K, увлажненного водой.

Появление индуктивности в спектре импеданса (переход через нулевое значение) можно связать с присутствием в составе образца достаточно высокого количества Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (6,95 мас.%), который в условиях избытка гидроксид - ионов в присутствии воды и FeO может образовывать магнетит (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) [20]. По данным химического анализа в исследуемом образце содержится 0,7 мас. % FeO [21].

Сравнительный анализ составляющих импеданса для классических разбавленных электролитов и увлажненных бентонитов показал, что при появлении воды в результате гидролитических процессов увеличивается количество носителей заряда, что сказывается на изменении электрических свойств исследуемом образце. Происходит исчезновение диэлектрических свойств и появление проводящих. Для оценки возможных носителей заряда проведено сравнение составляющих спектра импеданса в различных материалах (рис. 4), которое подтвердило вероятность формирования электронной проводимости, вызванную присутствием воды и наличием большого количества OH<sup>-</sup> групп в слоистом каркасе минерала. Поскольку в нейтральной среде (рис. 1) в присутствии воды pH минерала смещается в щелочную область, трансляция заряда будет осуществляться с участием воды и OH<sup>-</sup> групп минерала [22]. В этом случае основным переносимым зарядом является

электрон. Появление гидратированного электрона возможно в условиях, когда концентрация свободных  $\text{OH}^-$  групп соизмерима с концентрацией воды (а), в случае избытка  $\text{OH}^-$  групп основным носителем заряда выступает протон (б) [23].

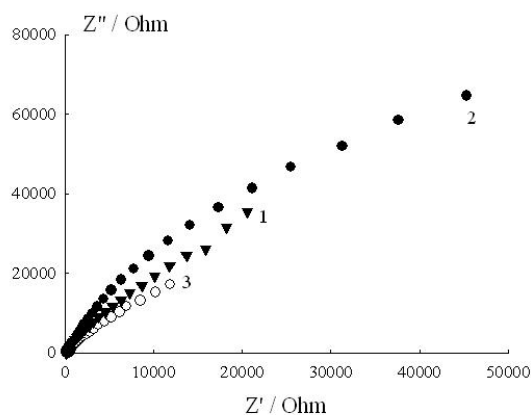
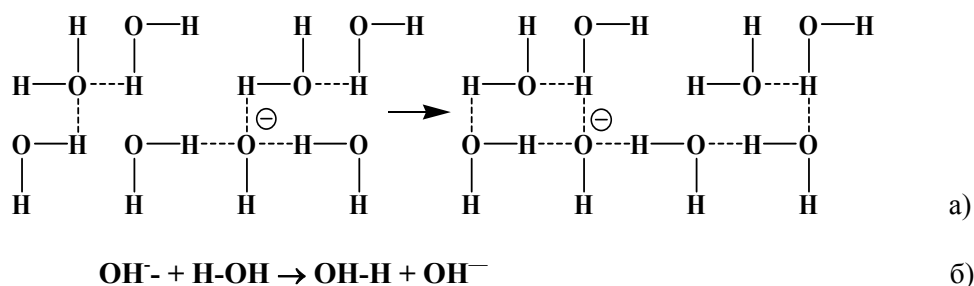


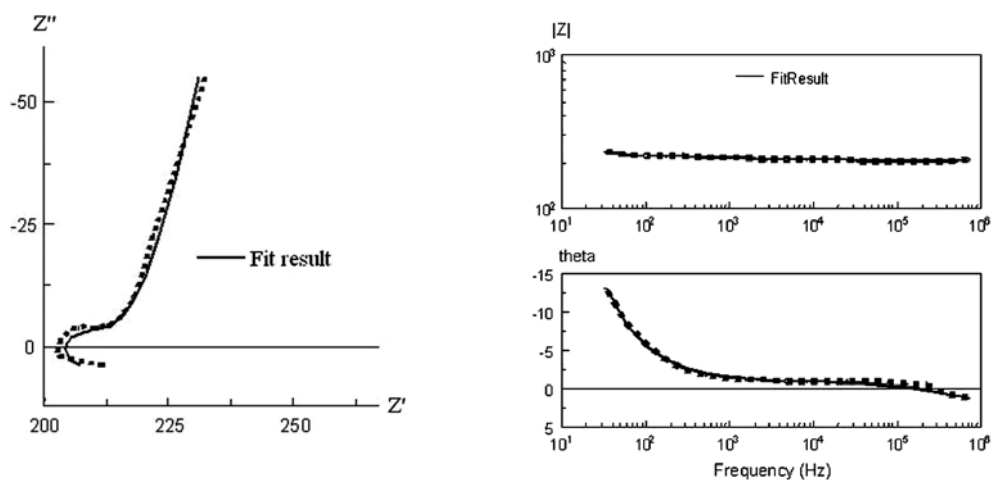
Рис. 4. Зависимость составляющих импеданса увлажненных водой материалов и разбавленного электролита. 1- 0.01 М  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 2 – бентонит  $\text{C}_4\text{T}_2\text{K}$ , 3 – гидрофосфат титана.



Введение в состав минерала фосфат-ионов не привело к значительному изменению вида спектра импеданса, но увеличила значение реактивной составляющей, что отразилось на эквивалентной схеме (появление второго СРЕ – элемента) (рис. 5). Что связано с присутствием диффузионных процессов, которые становятся возможными в присутствии либо свободных ионов (СРЕ 1), либо разноразмерных заряженных частиц минерала (СРЕ 2) (рис.5-7) [24]. Высокое значение  $\text{СРЕ } 2=0,9$  указывает на наличие сильной неоднородности поверхности минерала и о влиянии седиментационных процессов (слипание частиц) на электродные окислительно-восстановительные реакции. Появление индуктивности и постоянных фазовых элементов характеризует прежде всего степень неоднородности системы, в которой происходит перенос заряда, и отклонения от идеального строения двойного слоя, вызванные этими неоднородностями.

Таким образом, можно предположить наличие объемного распределение заряда. Наклон прямой зависимости активного и реактивного сопротивления под углом  $45^\circ$  мог

бы говорить о каких-либо диффузионных ограничениях, если бы значения активного сопротивления были бы положительными. В рассматриваемом случае перенос заряда связан только с реактивной составляющей импеданса, т.е. с формированием и разрушением двойных электрических слоев и с процессами специфической адсорбции на поверхности минерала. В эквивалентную схему не вошло сопротивление электрода. Это указывает на полную блокировку его поверхности частицами минерала, который выполняет функцию электрода. Подтверждением служит очень низкое значения CPE 1, указывающее на лимитирующее действие стадии разряда – ионизации в электродных редокс реакциях. Смещение показателя pH суспензии модифицированного образца в кислую область и отличия комплексного сопротивления, позволяет предположить, что основным носителем заряда в этом материале будет протон, образовавшийся в результате непосредственного участия воды, координированной у поверхности минерала [25]. Подтверждением этому предположению служит и частотно зависимый спектр суспензии, который практически повторяет этот же спектр воды в области низких частот (рис. 8).



Элемент	Значение	Ошибка, %
CPE1-T	0,0042634	0,90719
CPE1-P	0,010122	8,1172
L1	2.9442E-6	17,943
R1	13,69	17,08
CPE2-T	0,00016433	11,376
CPE2-P	0,89165	2,4144

Рис. 5. Спектр импеданса и эквивалентная схема проводимости модифицированного фосфат - ионами бентонита С4Т<sub>2</sub>К.

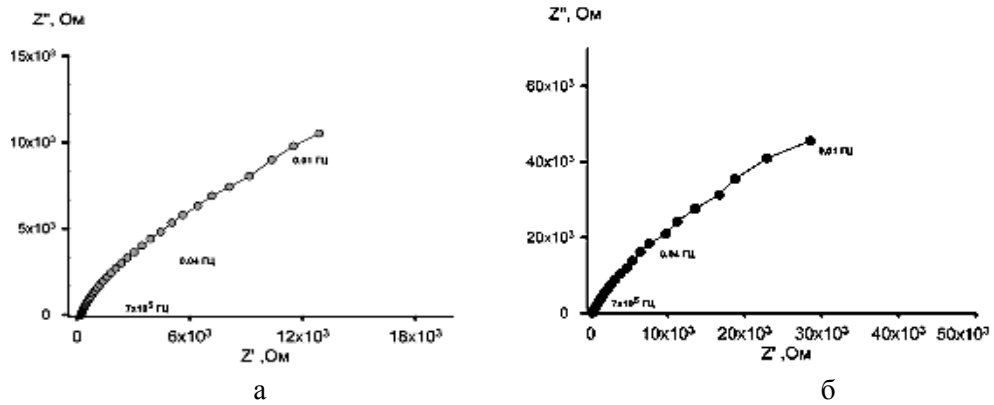


Рис. 6. Сравнительные характеристики сопротивлений диффузионной области а) – модифицированного бентонита, б) – природного минерала.

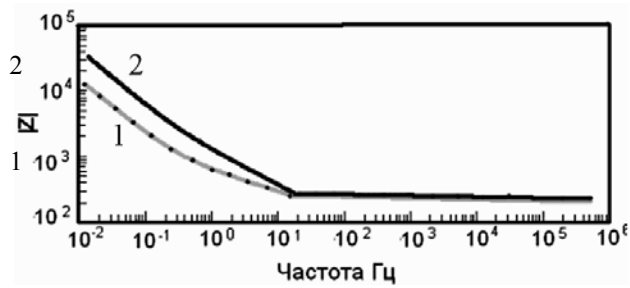


Рис. 7. Частотная зависимость сопротивления бентонита 1 – модифицированный бентонит, 2 – природный минерал.

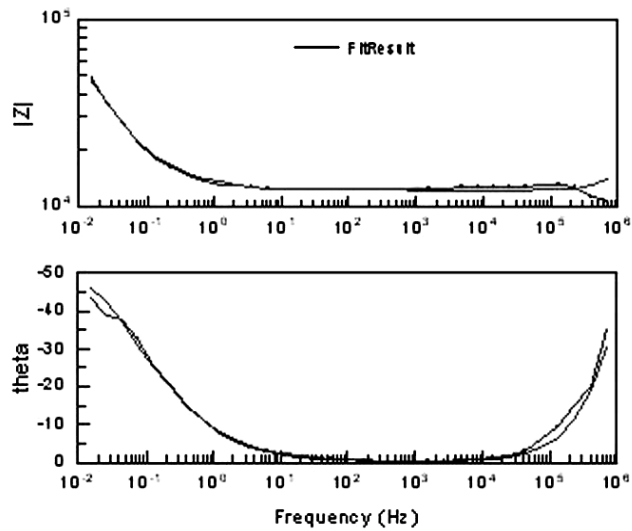


Рис. 8. Частотная зависимость сопротивления воды.



Для доказательства участия воды в создании протонной проводимости, были сняты политермы спектров импеданса устойчивых суспензий (1% и 0,5%), в которых практически отсутствуют седиментационные и коагуляционные процессы, способные внести дополнительную электрическую компоненту за счет возникновения электрокинетического потенциала. С повышением температуры, наблюдается снижение значений сопротивления (рис. 9, 10) (в отличие от твердого тела). Это свидетельствует о появлении носителей заряда, которые образуются в процессе диссоциации воды, т.к. с увеличением ее концентрации в области температур, удаленных от фазового перехода, с повышением температуры начинает проявляться металлический тип проводимости (рис. 10), но в отсутствие свободных электронов, такую проводимость способны создать протоны. То есть в этих условиях и в присутствии модифицированного бентонита вода становится протонным проводником.

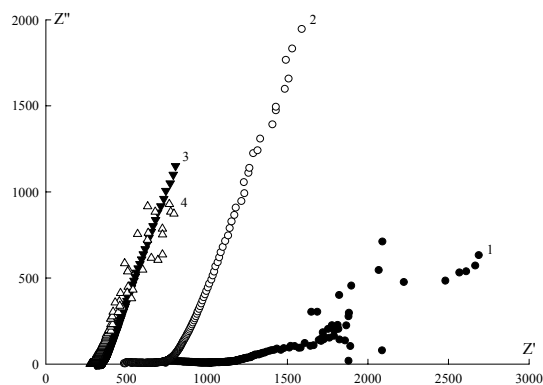


Рис. 9 Комплексное сопротивление 1% суспензии бентонита, модифицированного фосфат-ионами. 1 – при температуре 2°C; 2 – при температуре 8°C; 3 – при температуре 18°C; 4 – при температуре 35°C.

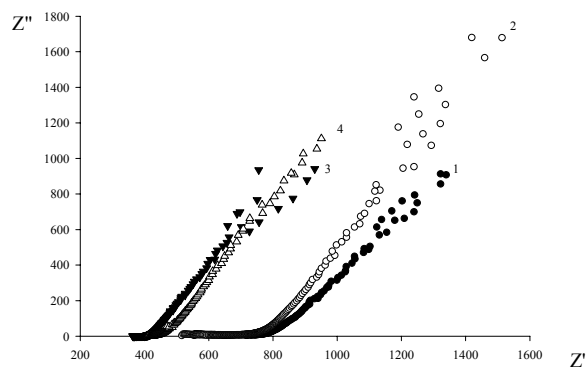


Рис. 10. Комплексное сопротивление 0,5% суспензии бентонита, модифицированного фосфат-ионами. 1 – при температуре 2°C; 2 – при температуре 8°C; 3 – при температуре 18°C; 4 – при температуре 35°C.

## **ВЫВОДЫ**

1. Экспериментально установлено участие воды в образовании многокомпонентного двойного электрического слоя на электроде в присутствии дисперсии алюмосиликатов.
2. Обнаружено, что при появлении воды в результате гидrolитических процессов увеличивается количество носителей заряда, что сказывается на изменении электрических свойств: происходит исчезновение диэлектрических свойств и появление проводящих.
3. Исследование спектров импеданса образца бентонита, содержащего 20 мас.% воды позволило предположить наличие в нем высокоподвижных электронов. Такое явление возможно в случае формирования экситонных каналов проводимости в результате искажения собственной структуры минерала в присутствии воды.
4. Обоснованы условия возникновения протонной проводимости в суспензиях модифицированных фосфат-ионами алюмосиликатов с непосредственным участием воды.
5. Полученные результаты позволяют дать практическое обоснование редокс-процессов, протекающих в природной среде.

## **Список литературы**

1. Structural aspects of the dehydration of  $\alpha$ -Zr(HPO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O / G. Schuck, R. Melzer, R. Sonntag [et al.] // *Solid State Ionics*. – 1995. – № 77: 55. – P. 55–62.
2. Nafion® 115/zirconium phosphate composite membranes for operation of PEMFCs above 100 C / P. Costamagna, C. Yang, A.B. Bocarsly [et al.] // *Electrochim. Acta*. – 2002. – № 47. – P. 1023–1033.
3. Approaches and technical challenges to high temperature operation of proton exchange membrane fuel cells / C. Yang, P. Costamagna, S. Srinivasan [et al.] // *J. Power Sources*. – 2001. – № 103. – P. 1–9.
4. Proton conductivity of mesoporous zirconium phosphate pyrophosphate / G. Alberti, M. Casciola, S. Cavalaglio [et al.] // *Solid State Ionic*. – 1999. – № 125. – P. 91–97.
5. Rosborg Bo. An electrochemical impedance spectroscopy study of copper in a bentonite / salinegroundwater environment / Bo. Rosborg, J. Pan // *Electrochimica Acta*. – 2008. – № 53. – P. 7556–7564.
6. Macdonald J.R. Discrimination between series and parallel fitting models for nearly constant loss effects in dispersive ionic conductors / J.R. Macdonald // *Journal of Non-Crystalline Solids*. – 2002. – № 307. – P. 913–920.
7. Investigation of activated Al – pillared clay efficiency in vegetable oil purification / A. Gizela Lomić, Erne E. Kiš, Etelka B. Dimić [et al.] // *APTEFF* – 2004. – № 35. – P. 31–36.
8. Shakir R.R. Behavior of compacted clay – concrete interface / R.R. Shakir, J. Zhu // *Front. Archit. Civ.* – 2009. – Vol. 1. – № 3. – P. 85–92.
9. Macdonald J.R. *Impedance Spectroscopy* / J.R. Macdonald – New York. John Wiley and Sons. – 1987. – 489 p.
10. B'ebin P. Nafion®/clay-SO<sub>3</sub>H membrane for proton exchange membrane fuel cell application, / P. B'ebin, M. Caravanier, H. Galiano // *J. Membrane Science*. – 2006. – № 278. – P. 35–42.
11. Fabrication of YSZ electrolyte for intermediate temperature solid oxide fuel cell / H. Nomura, S. Parekh, J.R. Selman [et al.] // *J. Applied Electrochemistry*. – 2005. – № 35. – P. 1121–1126.
12. Pi-Guey Su. Humidity sensing and electrical properties of Na- and K-montmorillonite. / Pi-Guey Su, Ching-Yin Chen. // *Sensors and Actuators*. – 2008. – № B 129. – P. 380–385.
13. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> determination at iron-rich clay modified electrodes / K. Charradi, C. Gondran, A. Ben Haj Amara [et al.] // *Electrochimica Acta*. – 2009. – № 54. – P. 4237–4244.
14. Duca E.G. *Ecological Chemistry: Latest Advances – Book of Proceedings* / Ed. Gh. Duca. – Cishinau. – 2006. – 792 p.
15. Lin-SH. Adsorption of phenol and m-chlorophenol on organobentonites and repeated thermal regeneration / Lin-SH Cheng-MJ // *Waste Management*. – 2002. – Vol. 6. – № 22. – P. 595–603.

16. Першина Е.Д. Проводимость водных сред как альтернатива электронного и ионного переноса / Е.Д. Першина, К.А. Каздобин // Химия и технология воды. – 2008. – Т. 30. – №6. – С. 627–642.
17. Патент на винахід № 84334 Україна, МПК C12H 1/02. Спосіб обробки харчових. Матеріалів / Першина К.Д., Каздобін К.О., Чирва В.Я., Карлушин М.О. № заявки а 2006 11982 Заявл. 14.11.2006, Опубл. 10.10.2008. Бюл. №19.
18. Trasatti. Electrochemical Supercapacitors as Versatile Energy Stores / Trasatti, P. Kurzweil. // Platinum Metals Rev. – 1994. – Vol. 2. – № 38. – P. 46–53.
19. Spontaneous formation of a superconducting and antiferromagnetic hybrid state in SrFe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> under high pressure / K. Kitagawa, N. Katayama, H. Gotou [et al.] // Phys. Rev. Lett. – 2009. – № 103. – P. 257–262.
20. Рогачев А.А. Экситонные молекулы и экситонные жидкости в полупроводниках / А.А. Рогачев // Физика твердого тела. – 1998. – Т 40. – № 5. – С.929–931.
21. Ядерное спиновое эхо в магнитных жидкостях / И.В. Алексашкин, В.Н. Бержанский, Е.Д. Першина [и др.] // Письма в ЖТФ. – 2001. – Т.27. – № 2. – С. 90–93.
22. Характеристики используемых в работе образцов. Режим доступа: <http://www.dashbent.com/ru/gost>
23. Russel J.D. The IR – spectroscopic evidence for interaction between Hydronium ions and lattice OH groups in Montmorillonite / J.D. Russel, A.R. Fraser // Clays and Clay Minerals. – 1971. – № 19. – P. 55–59.
24. Fractional calculus applied to the analysis of spectral electrical conductivity of clay–water system / D. Korojak, V. Cvikl, J. Kramer [et al] // Journal of Contaminant Hydrology. – 2007. – № 92. – P. 1–9.
25. Байков Ю.М. Твердогидроксидные протонные проводники: суперионная проводимость, фазовые переходы, изотопный эффект, самоорганизующаяся микрогетерогенность / Ю.М. Байков, В.М. Егоров // Физика твердого тела. – 2009. – Т. 51. – № 1. – С. 33–42.
26. Особенности электропереноса в нанопористом кремнии и оксиде кремния с адсорбированной водой / Е.Н. Лукьянова, С.Н. Козлов, В.М. Демидович [и др] // Письма в ЖТФ. – 2001. – Т. 27. – № 11. – С. 1–6.

**Коханенко Є.В. Окислювально- відновні та електропровідні властивості природного алюмосилікату, модифікованого фосфат-іонами / Є.В. Коханенко, В.В. Коханенко, К.Д. Першина [и др] // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 177-187.**

Експериментально встановлена участь води в утворенні багатокомпонентного подвійного електричного шару на електроді в присутності дисперсії алюмосилікатів. З появою води в результаті гідролітичних процесів збільшується кількість носіїв заряду, що позначається на зміні електричних властивостей: відбувається зникнення діелектричних властивостей і поява провідних. Дослідження вологого бентоніту дозволило припустити наявність у ньому високо рухливих електронів. Таке явище можливе у випадку формування екситонних каналів провідності в результаті викривлення власної структури мінералу в присутності води. Обґрунтовано умови виникнення протонної провідності в суспензіях алюмосилікатів, модифікованих фосфат-іонами з особистою участю води. Отримані результати дозволяють дати практичне обґрунтування редокс - процесів, що протікають у природному середовищі.

**Ключові слова:** алюмосилікат, вода, шарувата структура, суспензія, протонна провідність, редокс- процеси.

**Kohanenko E.V. The red-ox and conducting properties of the natural aluminosilicate, treated by phosphate-ions / E.V. Kohanenko, V.V. Kohanenko, K.D. Pershina [et al] // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 177-187.**

The participation of water in the formation of multicomponent double electric layer on the electrode is experimentally fixed at the presence of the dispersion of aluminosilicate. At the presence of water the quantity of charge carriers rises resulting from hydrolytic processes, that affects the change of electric properties, namely the extinction of dielectric properties and emersion conductive ones. Studies of wet bentonite have allowed assuming the presence of highly mobile electrons in it. Such phenomenon is possible at the formation of exciton channels of conductivity as a result of distortion of own structure of a mineral at the presence of water. Conditions of origination of proton conductivity in suspensions of aluminosilicate, treated by phosphate ions with immediate participation of water are proved. Obtained results allow the practical substantiation of the red-ox processes proceeding in a natural media.

**Keywords:** aluminosilicate, water, layered structure, suspension, proton conductivity, redoks – processes

*Поступила в редакцію 18.03.2010 г.*

**УДК: 615.838.7.074: 54**

## **РОЛЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ИЛОВЫХ ПЕЛОИДНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИХ БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ**

*Никипелова Е.М.*

*УкрНИИ медицинской реабилитации и курортологии Украины, Одесса, Украина  
E-mail: vshul@crimea.edu*

Представлены результаты изучения гранулометрического состава иловых сульфидных пелоидных систем ряда месторождений Украины и глубоководных донных отложений Черного моря. Полученные данные свидетельствуют о разнообразии его состава, наличии значительного количества мельчайших частиц, выявление повышения их количества с глубиной, что особенно важно с точки зрения бальнеологии.

**Ключевые слова:** пелоидные системы, глубоководные донные отложения Черного моря, физико-химические свойства, гранулометрический состав, алевритовая фракция, пелитовая фракция, бальнеологическая оценка

### **ВВЕДЕНИЕ**

Пелоиды (лечебные грязи) — современные или геологически молодые природные образования, которые состоят из воды, минеральных и, как правило, органических веществ, характеризуются тонкодисперсной структурой, однородностью и, в большинстве случаев, мазеподобной консистенцией, благодаря чему они могут использоваться (в нагретом состоянии) с лечебной целью в виде ванн и местных аппликаций [1].

На территории Украины наибольшее распространение приобрели месторождения иловых сульфидных и торфяных пелоидов [2].

Иловые сульфидные пелоиды — это органо-минеральные тонкодисперсные иловые отложения соленых водоемов (озерно-ключевые, материковые, морские).

подавляющими компонентами состава являются вещества минерального происхождения. Отличительной особенностью этих пелоидов является присутствие сульфидов — сероводорода и сернистых соединений железа, а также колебания минерализации, активной реакции среды, содержания отдельных компонентов в течение времени. Главные отличия выделяемых по генезису подтипов — в содержании сульфидов, органических веществ, минерализации грязевых растворов и их химического состава.

Согласно ст. 16 Закона Украины „О курортах” природные лечебные ресурсы могут использоваться в санаторно-курортной и внекурортной практике при наличии медицинского (бальнеологического) заключения, которое предоставляется Минздравом Украины.

При бальнеологической оценке отложений пелоидов большое значение придается их гранулометрическому составу, что стало поводом для его изучения [3] в ряде месторождений иловых сульфидных пелоидов: лиман Бурнас, Куяльницкий лиман (Одесская обл.); оз. Соленое (Херсонская обл.); Ботевский, Домузгельский лиманы, оз. Молочное, Александровский лиман (Запорожская обл.); оз. Чокрак (АР Крым), глубоководные донные отложения Черного моря.

Наиболее важные показатели качества пелоидов (их высокая водоудерживающая способность и обусловленные ею пластично-вязкие, адсорбционные и тепловые свойства) в значительной степени связаны с гранулометрическим составом осадков, то есть их дисперсностью, чем она выше, тем более развита поверхность деления фаз, тем выше физико-химическая активность и гидрофильность.

Ранее многие исследователи придавали большое значение (наравне с тепловым фактором) гранулометрическому составу осадков, считая его основным при терапевтическом их использовании. Гранулометрический состав осадка зависит от суммарной скорости движения воды, достаточной для взмучивания осадка и поддержки его во взвешенном состоянии. Поэтому на мелководье и поблизости берегов главной составной частью гидродинамической активности является волнение. При волнении, а также при ветровом переносе происходит сортировка частиц по размеру.

Источником образования коллоидных и иловых частиц являются первичные и вторичные минералы, а также продукты распада растений и др.

Связь между мельчайшими частицами осадка устанавливается благодаря силам молекулярного притяжения как между самими частицами, так и между частицами и молекулами воды. При достаточной массовой доле влаги частицы связываются одна с другой посредством молекул воды, которые их окружают и могут перемещаться под воздействием внешних усилий без нарушения цельности всей массы пелоидов, то есть пелоиды будут обладать способностью к значительной пластической деформации. Таким образом, присутствие в пелоидах мельчайших частиц и воды определяет одно из их самых главных свойств – пластичность.

### **Лиман Бурнас**

Отложения пелоидов лимана Бурнас представлены черными и темно-серыми илами, хорошей липкости, с запахом сероводорода (табл. 1).

Грубые фракции гранулометрического состава осадков находятся в меньшем количестве, чем частицы пелитовой фракции. В т. 55 и 65 алевритовая фракция меньше пелитовой, а в т. 74 — наоборот. Так, в т. 55 фракция алевритовая составляет 10,87 %, а пелитовая фракция — 28,07 %, в т.74 — 29,17 % и 21,60 % соответственно. В составе остова осадка грубые фракции находятся в значительно большем количестве, чем пелитовые фракции. Например, фракция алевритовая остова составляет 17,43-27,22 %, а фракция пелитовая — 6,70-9,32 %.

Таблица 1.

Физико –химические свойства пелоидов лимана Бурнас

Точка отбора	рН	Еh, мВ	Массовая доля влаги, %	Объемный вес	Липкость, Па	Сопротивление сдвига, Па	Засоренность частицами $\varnothing > 0,25 \cdot 10^{-3}$ м, %	Теплоемкость, Дж/град	Содержание $H_2S$ , $\cdot 10^{-3}$ , %	Содержание Сорг, % на воздушно-сухой остаток
55	7,05	-168	58,80	1,33	944,20	429,20	2,26	16,00	85,80	1,28
65	6,77	-168	56,39	1,27	735,90	220,70	0,52	15,54	117,80	1,48
74	7,05	-129	46,13	1,46	666,50	306,00	3,14	13,58	58,10	0,61

Результаты гранулометрического анализа твердой части (I) и остова осадков (II) в т. 55, 65 и 74 представлены в табл. 2 и 3

Таблица 2.

Результаты гранулометрического анализа твердой части (I) и остова (II) осадков лимана Бурнас, %

Точки отбора	Размер частиц, $10^{-3}$ м									
	>0,25		0,25-0,10		0,10-0,01		0,01-0,001		< 0,001	
	Алевритовая фракция				Пелитовая фракция					
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
55	2,26	0,26	0,11	0,50	10,76	16,93	22,11	3,42	5,96	5,90
65	0,52	1,22	1,58	0,72	17,92	19,24	16,92	0,36	6,67	6,34
74	3,10	0,18	1,06	0,36	28,11	26,86	14,93	2,83	6,67	5,79

Таблица 3.

Соотношение крупных и мельчайших частиц осадков (I) и остова осадков (II) лимана Бурнас, %

Точки отбора	Размер частиц, $\cdot 10^{-3}$ м					
	> 0,25		0,25-0,01		0,01-0,001 и < 0,001	
	Алевритовая фракция				Пелитовая фракция	
	I	II	I	II	I	II
55	2,26	0,26	10,87	17,43	28,07	9,32
65	0,52	1,22	19,50	19,96	23,57	6,70
74	3,10	0,18	29,17	27,22	21,60	8,62

Как показали результаты исследований, количество частиц диаметром более  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м в составе исследованных проб находится в пределах нормы и составляет 0,52 (т.65)-3,10 % (т.74).

Содержание более ценных в бальнеологическом отношении частиц диаметром меньше  $0,001 \cdot 10^{-3}$  м в исследованных осадках приблизительно одинаковое 5,96-6,67 %.

Таким образом, из исследованных проб пелоидов наиболее высоким содержанием самых тонких фракций характеризуются пелоиды в т.55. Для них характерно повышенное содержание массовой доли влаги, а также наличие высоких пластично-вязких свойств, которые обуславливаются в большей мере наличием этих фракций, что особенно важно в случае практического их использования в лечебной практике.

### **Озеро Соленое Херсонской обл.**

Ранее проводились исследования отложений оз. Соленого [4, 5].

Исследованные пробы пелоидов озера Соленого характеризуются черным цветом, хорошей липкостью, почти полным отсутствием любого запаха (табл. 4).

Гранулометрический анализ твердой части осадков (I) в т.3 и остова осадков (II) после обработки соляной кислотой представлены в Табл. 5 и на Рис. 1.

Количество частиц диаметром больше  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м в составе всех исследованных проб пелоидов по глубине значительно превышает действующие нормативы. Следует, однако, обратить внимание на то, что как засоряющий материал в осадках, в основном, преобладают остатки растений. Крупных включений породы выявлено не было.

Грубые фракции в поверхностном слое, как правило, находятся в меньшем количестве, чем частицы пелитовой фракции, составляя 34,63 % всех частиц. Особенно обращает на себя внимание присутствие в составе пелоидов поверхностного слоя мельчайших по размеру частиц диаметром менее  $0,001 \cdot 10^{-3}$  м, количество которых составляет 32,39 % от суммы всех частиц, входящих в состав пелоидов.

Для уровня 0,2 м – 0,4 м оказалось характерным особенно высокое содержание фракции, присутствие которой в пелоидах не является желательным – частиц диаметром более  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м, количество которых составляет 17,67 %.

Фракция мельчайших частиц в этом слое также достаточно большая (58,74 %). Содержание самой тонкой фракции даже несколько выросло по сравнению с поверхностным слоем до 35,41 % (см. табл. 5).

Следующий слой 0,4 м – 0,6 м в значительной степени отличается от грязевых слоев, которые расположены как выше, так и ниже его по глубине. Здесь заметный рост грубой фракции. Например, если на уровне 0,2 м – 0,4 м содержание частиц размером  $(0,25 - 0,10) \cdot 10^{-3}$  м составляет всего 2,11 %, то на уровне 0,4 м – 0,6 м количество этих частиц увеличилось до 43,30 %.

**Таблица 4.**  
**Основные физико- химические свойства пелоидов оз. Соленого**  
**Херсонской области (точка отбора 3)**

Глубина, м	pH	Массовая доля влаги, %	Объемный вес	Сопротивление сдвига, Па	Липкость, Па	Засоренность частицами $\varnothing > 0,25 \cdot 10^{-3}$ , м	Удельная теплоемкость	Объемная теплоемкость	Содержание $H_2S$ , $\cdot 10^{-2}$ , %	Сорг на воздушно-сухой остаток, %
0,00–0,20	7,70	70,90	1,16	673,70	912,60	2,10	0,77	0,93	9,52	4,72
0,20-0,40	7,97	83,80	1,07	735,00	555,01	6,00	0,87	0,93	7,48	2,33
0,40-0,60	7,47	47,80	1,40	2082,50	1042,10	7,50	0,58	0,81	3,40	9,69
0,70-0,80	7,19	54,70	1,17	2575,00	972,60	8,90	0,64	0,83	2,04	16,36
0,80-0,90	7,15	46,30	1,27	2695,00	1320,00	4,80	0,57	0,72	0,68	14,40
0,00-0,40	7,40	75,50	1,11	490,00	764,20	-	0,80	0,88	3,40	-

**Таблица 5.**  
**Результаты гранулометрического анализа твердой части (I) и остова (II)**  
**осадков озера Соленого, %**

Глубина отбора, м	Размер частиц, $\cdot 10^{-3}$ м									
	>0,25		0,25-0,10		0,10-0,01		0,01-0,001		< 0,001	
	Алевритовая фракция				Пелитовая фракция					
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0,0-0,2	5,31	2,21	15,94	8,86	18,69	26,80	28,42	2,55	32,39	59,51
0,2-0,4	17,67	2,11	2,11	4,14	21,45	35,27	23,33	11,26	35,41	46,62
0,4-0,6	4,81	14,17	43,30	15,55	14,99	10,41	19,59	4,82	17,29	55,03
0,7-0,8	2,82	14,60	14,28	5,23	10,86	6,63	18,01	7,44	37,79	66,08
0,8-0,9	12,37	13,01	8,09	8,81	14,88	9,82	22,28	8,98	42,38	59,34

Соответственно произошло снижение количества частиц тонкой фракции от 58,74 % (в вышерасположенном слое) до 36,88 % на глубине. Особенно обращает на себя внимание самое низкое из всех исследованных слоев количество частиц диаметром менее  $0,001 \cdot 10^{-3}$  м — 17,29 %. Это может быть связано, как и во всех случаях, с увеличением или уменьшением какой-либо фракции твердой фазы осадка, чрезвычайным разнообразием осадочного материала, поступающего в водоем, условиями его осаждения и сортировки.



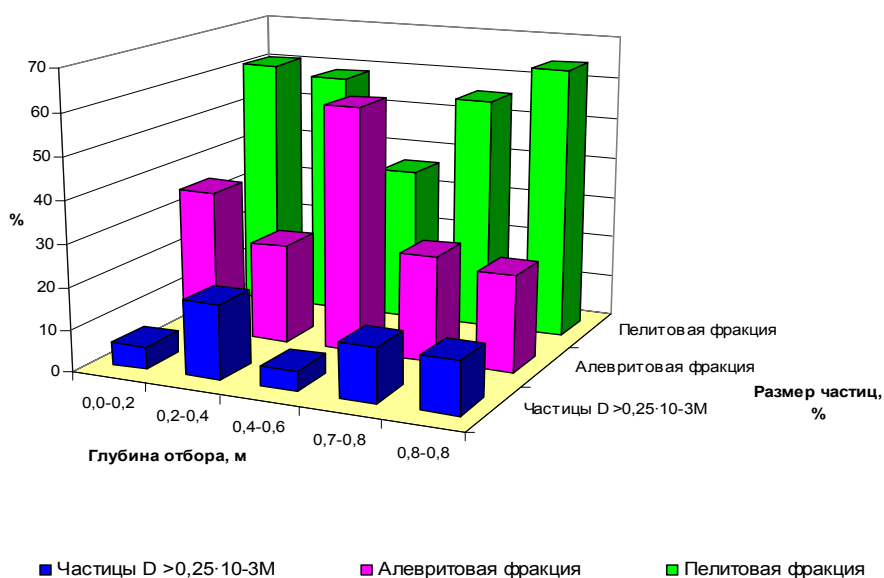


Рис. 1. Соотношение алевритовой и пелитовой фракций твердой части осадков оз. Соленого, %.

В следующем по глубине слое (0,7 м – 0,8 м) наблюдается при сравнительно низком содержании грубой фракции (25,14 %) повышенное по сравнению с предыдущим слоем количество частиц диаметром менее  $0,001 \cdot 10^{-3}$  м — 37,79 %.

Самый низкий из исследованных слоев (см. табл. 5), в основном, повторяет особенности распределения частиц разного диаметра в расположенном выше слое при самом высоком содержании здесь мельчайших по размеру частиц диаметром менее  $0,001 \cdot 10^{-3}$  м (42,38 %).

Таким образом, большинство углубленных проб показали преимущество в составе осадка частиц пелитовой фракции. Причем, особенно большое содержание этой фракции в самых нижних из исследованных слоев. Слой, который расположен на уровне 0,4 м – 0,6 м, резко отличается от всех других характером соотношения тонкой и грубой фракций твердой фазы.

Гранулометрический состав остова поверхностного слоя характеризуется преимуществом пелитовой фракции (рис. 2). Это положение сохраняется и для всех следующих слоев по глубине от поверхности, кроме слоя 0,4 м - 0,6 м. Следует отметить еще одну особенность остова исследованных проб: содержание частиц диаметром более  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м возрастает по мере погружения внутрь залежи приблизительно в 6-7 раз по сравнению с поверхностным слоем.

Таким образом, данные гранулометрического анализа свидетельствуют о том, что в подавляющем большинстве случаев пробы осадков и остова осадков по глубине характеризуются наличием значительного количества мельчайших по размеру частиц, что, с точки зрения бальнеологии, имеет решающее значение. Однако следует отметить и

повышенную засоренность отложений частицами диаметром более  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м, что, в случае практического использования пелоидов, нуждается в предварительной их очистке.

Вообще на исследованном вертикальном отрезке залежи отмечается общая тенденция к росту количества частиц диаметром менее  $0,001 \cdot 10^{-3}$  м от 32,39 до 42,38 %.

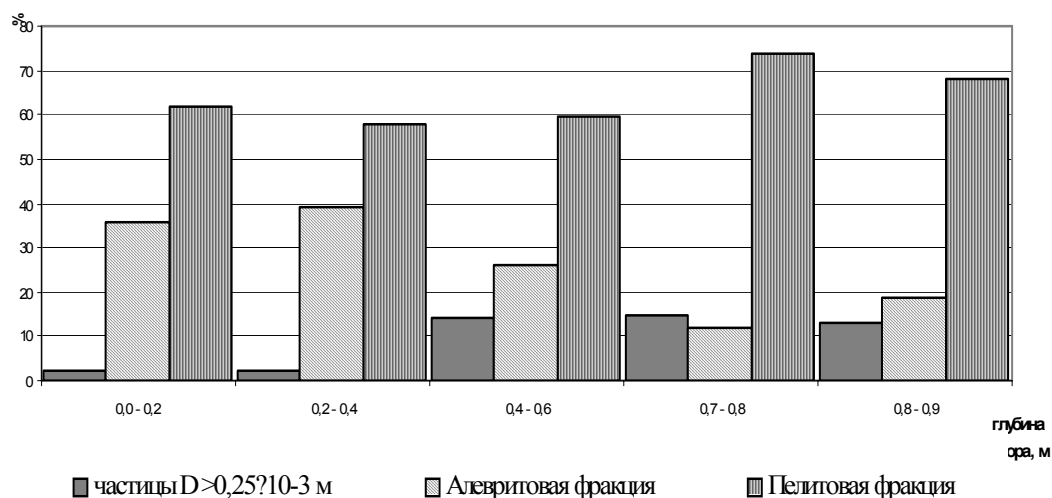


Рис. 2. Соотношение алевритовой и пелитовой фракций остова осадков оз. Соленого, %.

### Ботевский и Домузгельский лиманы

Результаты гранулометрического анализа твердой части (I) и остова осадков (II) представлены в Табл. 6-7.

Таблица 6.  
Результаты гранулометрического анализа твердой части (I) и остова (II) осадков Ботевского и Домузгельского лиманов, %

Точки отбора проб	Размер частиц, $10^{-3}$ м									
	>0,25		Алевритовая фракция				Пелитовая фракция			
			0,25-0,10		0,10-0,01		0,01-0,001		< 0,001	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Ботевский лиман										
3	7,59	3,30	2,86	2,18	51,60	26,65	2,36	11,60	3,72	7,16
5	1,15	0,29	1,35	2,41	54,37	30,02	2,20	6,08	3,76	5,12
6	1,62	0,33	2,99	6,05	41,37	25,27	4,84	4,94	5,60	4,42
Домузгельский лиман										
3	1,99	0,14	1,67	1,25	54,35	44,33	2,40	2,56	3,28	4,60
5	1,31	0,12	1,07	2,43	57,12	41,83	2,20	4,20	3,48	4,36

## РОЛЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ИЛОВЫХ ПЕЛОИДНЫХ

Количество частиц диаметром более  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м в составе исследованных проб пелоидов не превышает нормы, кроме пелоидов в т.3 Ботевского лимана (7,59 %).

Грубые фракции находятся в значительно большем количестве, чем пелитовая фракция. Так, у пелоидов Ботевского и Домузгельского лиманов алевритовая фракция составляет 44,26-58,19 %, а пелитовая фракция — 5,68-10,44 %. В остове осадков лиманов фракции составляют соответственно 28,83-45,58 % и 7,16-18,76 %.

Таким образом, данные гранулометрического анализа свидетельствуют о том, что все пробы твердой части и остова осадков характеризуются значительным количеством частиц грубой фракции, невысоким содержанием частиц диаметром более  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м, что особенно важно в случае их практического использования.

**Таблица 7.**

**Соотношение крупных и мельчайших частиц твердой части (I) и остова осадков (II) Ботевского и Домузгельского лиманов, %**

Точки отбора	Размер частиц, $\cdot 10^{-3}$ м					
	> 0,25		0,25-0,01		0,01-0,001 и < 0,001	
			Алевритовая фракция		Пелитовая фракция	
	I	II	I	II	I	II
Ботевский лиман						
3	7,59	3,30	54,46	28,83	6,08	18,76
5	1,15	0,29	55,72	32,43	5,96	11,20
6	1,62	0,33	44,26	31,32	10,44	9,36
Домузгельский лиман						
3	1,99	0,14	56,02	45,58	5,68	7,16
5	1,31	0,12	58,19	44,26	5,68	8,56

### Оз. Молочное и Александровский лиман

Результаты анализа гранулометрического состава твердой части (I) и остова осадков (II) представлены в Табл. 8, 9.

Грубые фракции находятся в значительно большем количестве, чем пелитовые. Так, в исследованных месторождениях фракция алевритовая составляет 12,73 (Александровский лиман, т.2) — 30,87 % (Александровский лиман, т.10), а фракция пелитовая — 5,33 (оз. Молочное, т.4) — 10,61 % (Александровский лиман, т.10). В остове осадков фракции составляют соответственно 62,85 (оз. Молочное, т.4) — 69,51 % (оз. Молочное, т.4) и 22,16 (оз. Молочное, т. 4) — 27,34 % (оз. Молочное, т.2).

**Таблица 8.**  
**Результаты гранулометрического анализа твердой части (I) и остова (II)**  
**осадков оз. Молочного и Александровского лимана, %**

Точки отбора проб	Размер частиц, · 10 <sup>-3</sup> м									
	>0,25		0,25-0,10		0,10-0,01		0,01-0,001		< 0,001	
			Алевритовая фракция				Пелитовая фракция			
	I	II	I	II	I	I	I	II	I	II
Александровский лиман										
2	0,14	9,20	4,72	3,10	8,01	65,33	5,15	15,38	4,43	6,99
10	0,47	6,09	19,31	23,42	11,56	45,70	7,11	14,05	3,50	10,73
оз. Молочное										
2	0,18	9,81	8,70	3,84	9,26	59,01	4,91	13,20	4,43	14,14
4	0,86	8,33	12,31	7,98	10,16	61,53	1,87	13,09	3,46	9,07

**Таблица 9.**  
**Соотношение крупных и мельчайших частиц твердой части (I) и остова (II)**  
**осадков оз. Молочного и Александровского лимана, %**

Точки отбора	Размер частиц, · 10 <sup>-3</sup> м					
	> 0,25		0,25-0,01		0,01-0,001 и < 0,001	
			Алевритовая фракция		Пелитовая фракция	
	I	II	I	II	I	II
Александровский лиман						
2	0,14	9,20	12,73	68,43	9,58	22,37
10	0,47	6,09	30,87	69,12	10,61	24,78
Оз. Молочное						
2	0,18	9,81	17,96	62,85	9,34	27,34
4	0,86	8,33	22,46	69,51	5,33	22,16

Содержание наиболее ценных в бальнеологическом отношении частиц диаметром менее 0,001·10<sup>-3</sup> м в исследованных пелоидах приблизительно одинаковое: 3,46 (оз. Молочное, т. 4) — 4,43 % (Александровский лиман, т. 2; оз. Молочное, т.2).

Таким образом, из данной группы месторождений пелоидов наиболее высоким содержанием самых тонких фракций характеризуются осадки Александровского лимана (т. 10) и оз. Молочного (т.2).

#### **Куяльницкий лиман и оз. Чокрак**

Результаты гранулометрического анализа твердой части (I) и остова (II) пелоидов Куяльницкого лимана и оз. Чокрак представлены в Табл. 10, 11.

**Таблица 10.**  
**Результаты гранулометрического анализа твердой части (I) и остова (II) осадков Куяльницкого лимана и оз. Чокрак, %**

Название место-рождения	Размер частиц, · 10 <sup>-3</sup> м									
	> 0,25		0,25-0,10		0,10-0,01		0,01-0,001		< 0,001	
			Алевритовая фракция				Пелитовая фракция			
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Куяльницкий лиман	2,26	0,26	0,11	0,50	10,76	16,93	22,11	3,42	5,96	5,90
оз. Чокрак	0,52	1,22	1,58	0,72	17,92	19,24	16,92	0,36	6,67	6,34

**Таблица 11.**  
**Соотношение крупных и мельчайших частиц твердой части (I) и остова (II) осадков Куяльницкого лимана и оз. Чокрак, %**

Название место-рождения	Размер частиц, · 10 <sup>-3</sup> м					
	> 0,25		0,25-0,10 и 0,10-0,01		0,01-0,001 и < 0,001	
			Алевритовая фракция		Пелитовая фракция	
	1	2	1	2	1	2
Куяльницкий лиман	2,26	0,26	10,87	17,43	28,07	9,32
оз. Чокрак	0,52	1,22	19,50	19,96	23,57	6,70

Как показали результаты исследований, количество частиц диаметром более  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м в составе исследованных проб находится в пределах нормы и составляет 2,26 (Куяльницкий лиман) — 0,52 % (оз. Чокрак).

Грубые фракции гранулометрического состава отложений, представленные частицами диаметром  $(0,25-0,10) \cdot 10^{-3}$  м и  $(0,10-0,01) \cdot 10^{-3}$  м (алевритовая фракция) находятся в меньшем количестве, чем фракции размером частиц  $(0,01-0,001) \cdot 10^{-3}$  и меньше  $0,001 \cdot 10^{-3}$  м (пелитовая фракция). В исследованных отложениях алевритовая фракция значительно меньше пелитовой. Так, в отложениях Куяльницкого лимана алевритовая фракция составляет 10,87 %, а пелитовая — 28,07 %. В составе остова отложений грубые фракции находятся в значительно большем количестве, чем мельчайшие. Например, алевритовая фракция остова осадков оз. Чокрак составляет 19,96 %, а пелитовая — 6,70 %.

Содержание более ценных в бальнеологическом отношении частиц диаметром менее  $0,001 \cdot 10^{-3}$  м в исследованных пелоидах приблизительно одинаковое 5,96-6,67 %.

Сезоненко Е.В. [6] отмечает, что на грязевые отложения Куяльницкого лимана, оз. Гопри, оз. Репное имеют более высокие значения мелких фракций, чем отложения лимана Бурнас. Результаты исследований показали, что наиболее

высоким содержанием самих тонких фракций обладают отложения Куяльницкого лимана и оз. Соленого

### Глубоководные донные отложения черного моря

Ранее авторами [7-9] показана перспективность использования донных отложений Черного моря в лечебной практике. В настоящее время выполняются углубленные исследования глубоководных донных отложений с использованием физико-химических, микробиологических, экспериментальных исследований и клинических испытаний для их внедрения в санаторно-курортную практику.

Роль гранулометрического анализа в исследовании морских донных осадков отражена в ряде работ [10-13].

Результаты гранулометрического анализа твердой части (I) и остова (II) отложений представлены в Табл. 12 и 13.

Таблица 12.

#### Результаты гранулометрического анализа твердой части глубоководных донных отложений Черного моря (I) и остова (II), %

Размер частиц, $\cdot 10^{-3}$ м									
0,25		0,25—0,10		0,10—0,01		0,01—0,001		< 0,001	
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0,01	—	1,28	0,92	6,33	2,74	14,10	4,27	6,23	2,28

Таблица 13.

#### Соотношение крупных и мельчайших частиц твердой части глубоководных донных отложений Черного моря (I) и остова (II), %

Размер частиц, $\cdot 10^{-3}$ м					
> 0,25		0,25—0,01 Алевритовая фракция		0,01-0,001 и < 0,001 Пелитовая фракция	
I	II	I	II	I	II
0,01	—	7,61	3,66	20,33	6,55

Как показали результаты исследований, частицы диаметром более  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м в составе исследованных осадков почти отсутствуют и составляют 0,01 %.

Грубые фракции гранулометрического состава отложений находятся в меньшем количестве, чем фракции пелитовая. В исследованной пробе алевритовая фракция почти втрое меньше пелитовой. Так, в отложениях алевритовая фракция составляет 7,61%, а пелитовая — 20,33%. В составе остова отложений грубые фракции находятся в значительно меньшем количестве, чем пелитовая. Например, алевритовая фракция остова составляет 3,66%, а пелитовая — 6,55%.

Содержание более ценных в бальнеологическом отношении частиц диаметром меньше  $0,001 \cdot 10^{-3}$  м в исследованных осадках составляет 6,23 %.

Для глубоководных донных отложений Черного моря характерно повышенное содержание массовой доли влаги, а также наличие пластично-вязких свойств, которые обуславливаются в большей мере наличием этих фракций

### ВЫВОД

Таким образом, результаты анализа гранулометрического состава твердой части и остова осадков исследованных месторождений лечебных грязей (пелоидов) показали разнообразие их состава, индивидуальность каждого из них, выявили закономерность повышения количества мельчайших по размеру частиц с глубиной, что особенно важно при пелоидолечении.

### Список литературы

1. Лобода М.В. Лечебные грязи (пелоиды) Украины — характеристика основных типов пелоидов и их современная классификация. / М.В. Лобода, К.Д. Бабов Е.М. Никипелова // Лечебные грязи (пелоиды) Украины / под общ. ред. М.В. Лободы, К.Д. Бабова, Е.М. Никипеловой - К.: 2006. – Ч.1. – С. 11–34.
2. Курортні ресурси України. / під ред. М.В. Лободи; Укрпрофоздоровниця. – К.: Тамед, 1999. – 341 с.
3. Бахман В.И. Методика анализа лечебных грязей (пелоидов) / В.И. Бахман, К.А. Овсянникова, А.Д. Вадковская. – М.:, 1965. – 141 с.
4. Колесникова А.А. Озеро Соленое — новое грязевое месторождение республики / А.А. Колесникова, Л.А. Плисова, Е.М. Никипелова // Курортология и физиотерапия. – К., 1985. – Вып. 18. – С. 7–8.
5. Колесникова А.А. Закономерности формирования механического состава грязевой залежи на примере оз. Соленого Херсонской обл. / А.А. Колесникова, Л.А. Плисова, Е.М. Никипелова // Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физкультуры. – 1986. – № 2. – С. 51–53.
6. Сезоненко Е.В. Исследование грязевых участков южной части лимана Бурнас / Е.В. Сезоненко // Изучение и изыскание курортных ресурсов Украинской ССР (Лечебные грязи, минеральные воды, климат): сб. реф. науч. работ. Вып. 1 (Лечебные грязи. исследования грязевых ресурсов. Вопросы развития курортов). – Одесса, 1957. – С. 34–35.
7. Колесникова А.А. Физико-химические свойства донных отложений участка шельфа Черного моря и перспективы возможного использования их для грязелечения / А.А.Колесникова, Л.А. Плисова, Е.М. Никипелова // Курортное, физическое лечение и реабилитация больных с заболеваниями суставов и позвоночника. – К.: Славянск, 1997. – С. 68–70.
8. Бальнеологическая ценность грязевых отложений северо-западной прибрежной зоны Черного моря / А.А. Колесникова, Л.А. Плисова, К.И. Жилинская [и др.] // Материалы к VIII Всесоюзному съезду физиотерапевтов и курортологов: тез. докл., 25-28 окт. 1983 г., г. Сочи / под. ред. А.Н. Абросова и В.М. Боголюбова – М., 1983. – С. 113–115.
9. Макарова К.І. Деякі фізико-хімічні властивості мулів північно-західної частини Чорного моря та можливість їх використання як лікувальних грязей / К.І. Макарова // Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів у межах УРСР. – Київ; Одеса: Вища школа, 1975. – Вип. 8. – С. 39–42.
10. Лисицын А.П. К обработке результатов анализа морских осадков / А.П. Лисицын // Труды ин-та океанологии АН СССР. – М., 1956. – Т. 19. – С. 262–287.
11. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков / В.П. Петелин. – М.: Наука, 1967. – 129 с.
12. Рыбалко А.Е. К вопросу классификации современных морских осадков по гранулометрическому составу / А.Е. Рыбалко // Вестник ЛГУ. – Л.: – 1971. – № 6. – С. 41–47.
13. Шостак А.В. Сопоставление методов подготовки к определению гранулометрического состава морских донных отложений / А.В. Шостак // Вестник Киев. у-та. Геология. –1989. – Вып. 8. – С. 84–86.

**Нікіпелова О.М. Роль гранулометричного складу мулових пелоїдних систем при їх бальнеологічній оцінці / О.М. Нікіпелова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 188-200.**

Представлено результати вивчення гранулометричного складу мулових сульфідних пелоїдних систем ряду родовищ України та глибоководних донних відкладень Чорного моря. Отримані дані свідчать про різноманітність його складу, наявність значної кількості найдрібніших частинок, виявлення підвищення їх кількості з глибиною, що особливо важливо з точки зору бальнеології.

**Ключові слова:** пелоїдні системи, глибоководні донні відкладення Чорного моря, фізико-хімічні властивості, гранулометричний склад, алевритова фракція, пелітова фракція, бальнеологічна оцінка.

**Nicipelova O.M. Role of granulometrical composition of silt mud system at their balneological estimation / O.M. Nicipelova // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 188-200.**

Results of study of granulometrical composition of the silt sulphide mud systems of row of deposits of Ukraine and deep-sea ground deposits of the Black sea are presented. Finding testify to the variety of his composition, presence of far of more shallow particles, exposure of rise of their quantity with depth, that it is especially important from the point of view balneology.

**Keywords:** mud systems, deep-water ground deposits of the Black sea, physical and chemical properties, particle-size, silt faction, pelitic faction, balneological estimation

*Поступила в редакцію 18.03.2010 г.*



**УДК 663.253.2: 547.477**

## **ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯГОД ВИНОГРАДА В ПРОЦЕССЕ СОЗРЕВАНИЯ**

*Овсиенко Н.А.<sup>1</sup>, Аристова Н.И.<sup>2</sup>, Панов Д.А.<sup>1</sup>, Зайцев Г.П.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

*<sup>2</sup>Национальный Институт Винограда и Вина “Магарач”, Ялта, Украина*

*E-mail: mendes@inbox.ru*

Исследовано изменение концентрации органических кислот и сахаров в ходе созревания винограда Изабелла и Молдова, произрастающих в Северной зоне Крыма. Наблюдается значительное снижение массовой концентрации титруемых кислот и увеличение содержания сахаров. Установлено, что концентрация яблочной кислоты в 2,5 раза больше чем винной для одного и другого сорта, что способствует улучшению качества вина.

**Ключевые слова:** титруемая кислотность, сахара, винная и яблочная кислоты, рефрактометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В процессе созревании ягод винограда различают 3 фазы в росте и развитии ягод: от завязывания до начала созревания (формирование и рост), от начала созревания до полной зрелости. Созревание ягод характеризуется изменением величины, окраски ягод, физических и химических их свойств. Из всех органических веществ, входящих в химический состав ягод, наиболее важное значение для определения вкусовых и питательных свойств имеют сахара и органические кислоты, в связи с чем качество винограда чаще всего определяют по этим показателям. При вступлении ягод в фазу начала созревания происходит интенсивное сахаронакопление. Изменение общего количества кислот имеет противоположный характер: до начала созревания содержание кислот увеличивается, после чего наблюдается резкое снижение, переходящее по мере дальнейшего созревания ягод в более плавное [1].

Изучение динамики созревания ягод можно использовать в практических (для определения начала сбора винограда) и научных целях (для определения поведения отдельных сортов в определенных экологических условиях, влияния агротехнических приемов на процессы сахаронакопления и изменения кислотности ягод). Показатели содержания сахара и титруемых кислот предыдущего и последующего отборов суслу являются основой прогнозирования начала сбора урожая.

Накопление многолетних данных о динамике созревания различных сортов винограда позволяют прогнозировать начала сбора урожая не только в пределах отдельных участков, но и в более широких масштабах, а также выявить наиболее

оптимальные условия выращивания винограда отдельных сортов с учетом направленности использования продукции.

Исследованием органических кислот в ходе созревания винограда занимались многие ученые: Рибери-Гайон Ж., Рибери-Гайон П., Родопуло А., Кондо Г.Ф. и др. [2-8]. Большое значение на склонность к накоплению кислот и сахаров имеет сорт винограда. У сортов Мускат белый, Плавай, Баян Ширей склонность к накоплению и сохранению кислот слабо выражена.

Динамика некоторых органических кислот аналогична динамике титруемой кислотности. Джонсон и Нагель [8] показали, что виноград сорта Шардоне является кислотоустойчивым, уменьшение яблочной кислоты происходит менее интенсивно. Определяя скорость уменьшения количества яблочной и винной кислот, а также изменение концентрации титруемых кислот, можно определять хозяйственную пригодность данного сорта винограда для выбора типа, приготавливаемого из него вина или другого вида продукции.

Рядом исследователей [4, 5, 7] установлено, что органические кислоты виноградной ягоды относятся к одним из самых изменчивых компонентов, претерпевающих резкие колебания в зависимости от сорта, особенностей метеорологических и природных условий, степени зрелости, года урожая.

Целью данной работы явилось изучение изменения химического состава ягод винограда в процессе созревания.

Исследование проводилось совместно с испытательно-аналитической лабораторией отдела химии и биохимии вина НИВиВ «Магарач», г. Ялта.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Объектами исследования являлись 2 сорта винограда, произрастающих в Северном районе Крыма: Изабелла и Молдова. Были отобраны по 6 проб данных сортов винограда с 20 августа по 30 сентября 2009 года.

Исследование физико-химических показателей объектов проводили с использованием титриметрического, рефрактометрического и метода высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Среднюю пробу винограда отбирали по методу прямоугольной сети, предусматривающей сбор 4-6 ягод с каждого седьмого куста в каждом десятом ряду, вдоль шпалер. Общая масса пробы около 1 кг. Сусло (сок) винограда извлекала путем отжатия гроздей вручную в мешочке из плотной ткани. Перед анализом сусло фильтровала через складчатый бумажный фильтр.

Массовую концентрацию сахаров определяли по показателю преломления с использованием лабораторного рефрактометра (УРЛ) со шкалой, градуированной в массовых процентах сухих веществ по сахарозе, класса точности 0,2 [9].

Массовую концентрацию титруемых кислот определяли титриметрическим методом, основанном на прямом титровании сусла раствором щелочи до нейтральной среды.

В коническую колбу отбирала 10 мл сусла, добавляла 25 мл дистиллированной воды и нагревали до начала кипения, чтобы удалить углекислый газ. К пробе добавляли 1 мл 0,4% раствора бромтимолового синего и титровали 0,1М раствором

гидроксида натрия до появления зелено-синей окраски, после чего сразу приливали 5 мл буферного раствора (107,3 г дигидрофосфата калия растворяли в 500 мл 1М раствора гидроксида натрия и доводили водой до объема 1 л). Полученный раствор служил раствором сравнения. Затем в другую коническую колбу отмеряли 10 мл сула, 30 мл воды, нагревали до кипения, добавляли 1 мл индикатора и титровали 0,1М раствором NaOH до появления окраски, идентичной окраске раствора сравнения. Концентрацию титруемых кислот г/л в пересчете на винную кислоту рассчитывали по формуле:

$$T = (K \cdot V_1 \cdot 1000) / V,$$

где T – титруемая кислотность, г/л,

$V_1$  – объем 0,1М раствора NaOH, израсходованный на титрование, мл,

V – объем пробы, мл,

1000 – множитель для пересчета на 1 л.

Величина K выражает количество граммов кислоты, соответствующее 1 мл раствора NaOH. Для 1 мл 0,1М раствора K равно 0,0075 г винной кислоты [9]. Результаты титриметрических и рефрактометрических измерений представлены на Рис.1.

Массовую концентрацию отдельных органических кислот (винной, яблочной, молочной, лимонной, янтарной, щавелевой, уксусной) определяли методом жидкостного хроматографического разделения органических кислот пробы на хроматографической микроколоне размером 2,0x100,0 мм, наполненной обращенно-фазовым сорбентом «Нуклеосил С-18» зернением 5мкм и размером пор 100А, с использованием высокоэффективного жидкостного микроколоночного хроматографа «Милихром-4» со спектрофотометрическим детектированием в ультрафиолетовой области при длине волны 210 нм в режиме изократического элюирования (табл. 1 и 2).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На примере изменения содержания титруемых кислот и сахаров (рис. 1) в ягодах сорта Изабелла видно, что концентрация кислот уменьшается в 3,5 раза, вначале изменение концентрации происходит достаточно резко, затем постепенно переходя в плавное. Для винограда сорта Молдова содержание титруемых кислот уменьшается в 2,5 раза. Общее же содержание сахаров увеличивается приблизительно одинаково, в 1,8 раза.

Состав органических кислот является важной информацией о происходящих в ягоде процессах. В винограде содержится 6 основных органических кислот, среди них: винная, яблочная, янтарная, лимонная и др. Массовая концентрация всех остальных кислот незначительна. Однако две органических кислоты являются преобладающими – винная и яблочная, которые образуются в винограде в процессе дыхания растения. Согласно табличным данным в вине сорта Изабелла (табл. 1) видно, что содержание винной кислоты уменьшается в 1,8 раза, яблочной — 1,6

раза, а содержание сахаров увеличивается в 1,4 раза. На содержание винной и яблочной кислот влияют сортовые особенности винограда и климатические условия года. Поэтому соотношение яблочной и винной кислот может быть больше или меньше единицы. Согласно табличным данным (табл. 1 и 2) содержание яблочной кислоты больше, чем винной и к концу созревания это отношение становится практически одинаковым для сорта Изабелла и Молдова равным 2,5. По мнению Родопуло А.К. оно должно составлять 2-3 и выше, при этом вино получается с лучшим вкусом и букетом, что подтверждается и литературными данными [6].

В Северных районах Крыма яблочная кислота окисляется в меньшей степени, чем в Южнобережной зоне.

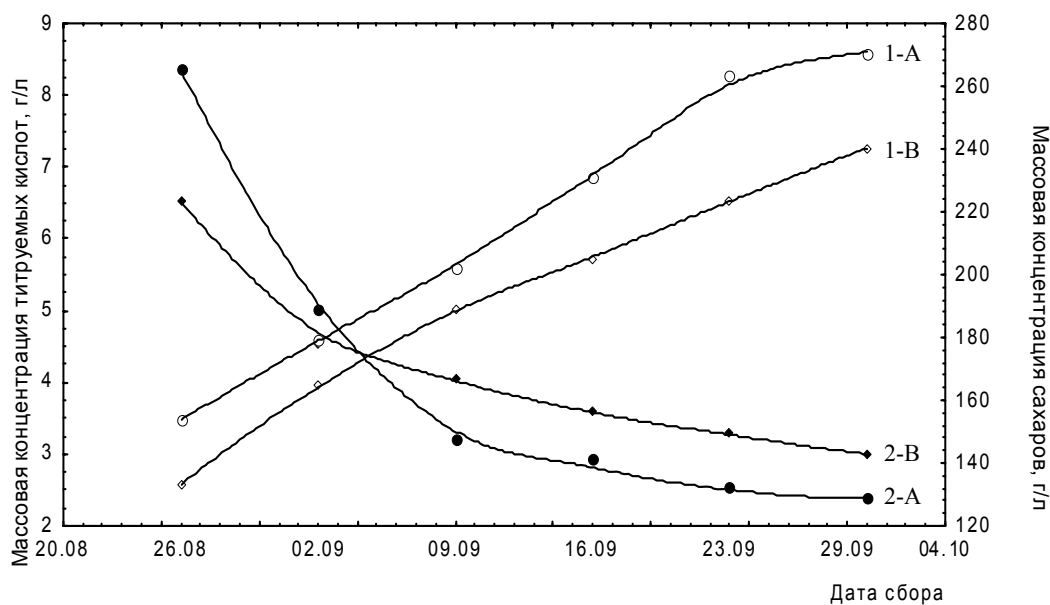


Рис. 1. Изменение массовых концентраций титруемых кислот и сахаров в ходе созревания винограда сортов Изабелла (А) и Молдова (В).

- 1 – Сахара;
- 2 – Титруемые кислоты.

Янтарная кислота содержится в винограде в меньшем количестве, больше в незрелых ягодах. Она обладает энергетической ценностью для организма, нормализует кислотно-щелочное равновесие, предупреждает сердечнососудистые заболевания и преждевременное старение организма [10]. Что касается содержания янтарной кислоты (табл.1 и 2), то в винограде Изабелла ее в 5 раз меньше чем в Молдове, а к концу созревания ее концентрация уменьшается почти в 1,5 раза для обоих сортов.

**ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯГОД ВИНОГРАДА**

**Таблица 1.  
Хроматографическое определение содержания кислот и сахаров в виноградном сусле сорта Изабелла**

Кислоты и сахара	Даты сбора ягод винограда					
	26.08.09	02.09.09	09.09.09	16.09.09	23.09.09	30.09.09
	Содержание кислот и сахаров, мг/л					
Малеиновая	0.57	0.28	0.19	0.29	0.33	0.18
Лимонная	561.20	407.46	392.47	354.96	319.65	265.86
Винная	6339.52	6349.78	5834.45	5330.27	4739.23	3533.58
Яблочная	13944.03	10996.73	10093.21	9702.49	9093.33	8800.27
Янтарная	917.76	1165.27	971.02	845.91	822.16	614.65
Фумаровая	1.00	0.45	0.29	0.53	0.66	0.86
Глюкоза	65499.65	78479.76	79635.02	80747.03	82986.81	91038.52
Фруктоза	73422.57	87595.15	92104.77	92758.49	99107.57	104712.47

**Таблица 2.  
Хроматографическое определение содержания кислот и сахаров в виноградном сусле сорта Молдова**

Кислоты и сахара	Даты сбора ягод винограда					
	26.08.09	02.09.09	09.09.09	16.09.09	23.09.09	30.09.09
	Содержание кислот и сахаров, мг/л					
Малеиновая	0.00	0.00	0.00	0.50	0.69	0.46
Лимонная	270.72	205.86	211.24	312.65	352.03	323.53
Винная	8285.94	7664.20	6076.69	3932.04	3475.61	3095.37
Яблочная	10381.64	8992.62	8304.19	8006.73	8206.62	7594.38
Янтарная	5000.40	4173.04	3936.14	3762.42	3501.33	3191.09
Фумаровая	0.70	0.32	0.43	0.81	2.65	1.94
Глюкоза	53726.88	68965.05	68180.36	71133.20	79300.11	85915.40
Фруктоза	53648.82	67123.70	68014.85	72930.51	80845.05	86623.89

## ВЫВОД

Исследовано изменение концентраций органических кислот и сахаров в ходе созревания винограда сортов Изабелла и Молдова в условиях Северной зоны Крыма. Установлено, что в ходе созревания винограда происходит увеличение массовой концентрации сахаров и снижение содержания органических кислот: винной, яблочной, янтарной, причем снижение массовой концентрации винной кислоты — в 1,8-2,7 раза, яблочной — в 1,4-1,6 раза, а янтарной — в 1,5 раза. Концентрация сахаров, напротив, увеличивается в 1,8 раза. Найдено, что к концу созревания ягод винограда яблочной кислоты остается в 2,5 раза больше чем винной.

## Список литературы

1. Кравченко Н.А. Изменчивость сахаров и кислот виноградной ягоды в различных экологических условиях / Н.А. Кравченко // Труды по прикладной ботанике, генетике селекции. – 1972. – Т. 47. – Вып. 2. – С. 87–88.
2. Peynaud E. The Biochemistry of fruit and their products / E. Peynaud, P. Ribereau-Gayon Ed. By Huime A.C. – Paris, Acad. Press. – 1971. – P. 200–201.
3. Гаприндашвили Г.В. Содержание сахара и кислот в ягодах винограда в зависимости от освещения / Г.В. Гаприндашвили // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1981. – № 6. – С. 52–53.
4. Энциклопедия виноградарства: в 3-х Т. гл. ред. Тимуш А.И., ред. коллегия Субботович А.С. и др. – Кишинев: Гл. ред. Молд. Сов. Энциклопедии, 1987. – Т.3. Пыльца-Ярус. – 552 с.
5. Кондо Г.Ф. Винная и яблочная кислоты в винограде Узбекистана / Г.Ф. Кондо, А.В. Короткевич // Виноделие и виноградарство СССР. – 1959. – № 6. – С. 11–14.
6. Родопуло А.К. Основы биохимии виноделия / А.К. Родопуло – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 239 с.
7. Критович В.Л. Основы биохимии растений / В.Л. Критович – М.: Высшая школа. – 1971. – 464 с.
8. Johnson T. Composition of central Washington grapes during naturation / T. Johnson, C. Nagel // Am. J. Enol. Vitic. – 1976. – V. 21, № 1. – P. 15–20.
9. Методы технологического контроля в виноделии. Под ред. Гержиковой В.Г. – Симферополь: Таврида, 2002. – 260 с.
10. Повышение биологической ценности соков, вин, напитков с помощью янтарной кислоты / Ю.Ф. Якуба, Н.М. Агеева, Г.Ф. Музыченко [и др] // Сб. науч. тр. МГУПП и ИВиВ "Магарач". Научно-технический прогресс в агроиндустрии. Москва – Ялта. – 1997. – С. 9

**Овсиенко Н.А. Зміна хімічного складу ягід винограду в процесі дозрівання / Н.А. Овсиенко, Н.І. Аристова, Д.О. Панов [та ін] // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 201-207.**

Досліджена зміна концентрації органічних кислот і цукрів в ході дозрівання винограду Ізабелла й Молдова, що виростають у Північній зоні Криму. Спостерігається значне зниження масової концентрації тітруємих кислот і збільшення змісту цукрів. Установлено, що концентрація яблучної кислоти в 2,5 рази більше ніж винної для одного й іншого сорту, що сприяє поліпшенню якості вина.

**Ключові слова:** тітруєма кислотність, цукрі, винна та яблучна кислоти, рефрактометрія, високоефективна рідинна хроматографія.

**Ovsienko N.A. The changes of grapes chemical composition in the process of ripening / N.A. Ovsienko, N.I. Aristova, D.A. Panov [et al] // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 201-207.**

A change the concentration of organic acids and sugars during ripening of grade vine Isabel and Moldova, sprouting in the North area of Crimea have been explored. There is a considerable decline of mass concentration of titrating acids and multiplying maintenance of sugars. It is set that concentration of malic acid in 2,5 time more than by tartaric acid for one and other grade, that is promote in the improvement of quality of wine.

**Keywords:** titrating acidity, sugars, tartaric and malic acids, refractometric method, high-yield liquid chromatography.

*Поступила в редакцию 18.03.2010 г.*

**УДК 663.253.2: 547.477**

## **ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВИНОГРАДНОГО СУСЛА**

*Панова Э.П.<sup>1</sup>, Кацева Г.Н.<sup>1</sup>, Бурда В.Е.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

<sup>2</sup>*"Севастопольский винзавод", Севастополь, Украина*

*E-mail: mendes@inbox.ru*

В работе проведено исследование изменения физико-химических характеристик (вязкость, электропроводность, рН, титруемые кислоты, сахара и др.) виноградных сусел сортов Алиготе, Ркацетели и смеси столовых сортов винограда в процессе трехступенчатого концентрирования методом блочного вымораживания. Полученный концентрат может быть использован в качестве резервуарного ликера для вторичного брожения.

**Ключевые слова:** вымораживание виноградного сусла, вязкость, электропроводность, титруемые кислоты, сахара.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы во многих странах мира все более актуальной становится проблема натуральности пищевых продуктов, под которой понимают производство этих продуктов, без различных искусственных добавок.

Проблема натуральности была и остаётся актуальной и для виноделия. Защита качества натурального вина от его денатурализации была постоянной со времени зарождения промышленного виноделия. Это было вызвано тем, что подделка вин влияет на здоровье людей, их материальное благополучие и подрывает экономику государства [1-3].

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 столовые вина, полученные в результате сбраживания естественного сока без каких-либо добавок, кроме тех, которые применяют для обеспечения стабильности готовой продукции. В случае применения добавок невинного происхождения (кроме этилового спирта, так как его применение в странах ЕС является фальсификацией), вина относят к категории специальных. К специальным винам относят и игристые вина, так как в технологии производства игристых вин используются тиражный и экспедиционный ликёры, изготовленные из сахаросодержащего материала не виноградного происхождения — сахара песка или сахара рафинада (сахароза). Это общепринятая мировая практика современного бутылочного и резервуарного способов производства игристых вин.



Технический прогресс обуславливает новые, более совершенные возможности производства игристых вин с использованием в технологии производства тиражного и экспедиционного ликёров естественных сахаров виноградной ягоды [4, 5, 6].

Основной целью работы является анализ изменения физико-химических показателей виноградного сусла в процессе трёхступенчатого концентрирования методом блочного вымораживания для получения игристого вина нового типа с использованием концентрированного виноградного сусла в качестве резервуарного ликёра для вторичного брожения.

Концентрированное сусло получается путем частичного обезвоживания виноградного сусла, в результате чего повышается его плотность. В концентрате увеличилось содержание его основных компонентов, особенно сахара, что не позволяет зарождение и развитие микроорганизмов, способствующих процессу ферментации.

Кислотность концентрированного виноградного сусла определяется винной кислотой, содержание которой составляет 40%, остальные кислоты: уксусная, муравьиная, янтарная, яблочная составляют 60%.

Концентраты, приготовленные путем удаления части влаги, могут храниться в течение длительного времени без ухудшения качества. Для их хранения и транспортировки требуется меньшая площадь [7, 8].

Согласно литературным данным, широкое распространение, как наиболее освоенный, получил холодильный способ концентрирования — вымораживание воды в виде льда. Эффективности и целесообразности этих способов посвящено немало работ, в большинстве своем зарубежных авторов. В последующем, этому вопросу большое внимание было уделено в НИВиВ «Магарач» Буртовым О.А. и Разуваевым Н.И. [7-12].

Процесс вымораживания включает следующие этапы: диффузию молекул воды из сусла к границе раздела фаз, кристаллизацию молекул воды и внедрение их в кристаллическую решётку блока льда.

Конечная концентрация сусла зависит от температуры замораживания, содержания сахара, кислот, коллоидных и других веществ в сусле. Теоретически наиболее высокая степень концентрации ограничена эвтектической точкой раствора, при которой невозможно отделить воду в виде льда.

Приготовление криоконцентрата целесообразно осуществлять в несколько ступеней. При этом полуконцентрат, полученный на первой стадии обработки и отделённый путем сепарации, снова подвергают процессу вымораживания. Повторное вымораживание и сепарацию повторяют до получения запланированной конечной концентрации и обычно проводят в 2-3 ступени [7, 10-12].

Следует отметить, что низкие температуры не вызывают существенных изменений составных частей сока и в то же время эффективно тормозят биохимические реакции и жизнедеятельность микрофлоры, приводящие к ухудшению качества. Концентрация холодом позволяет сохранить натуральный вкус и пищевую ценность исходного продукта.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данной работе проведены исследования изменений физико-химических характеристик виноградных сусел сортов Алиготе, Ркацители и смеси столовых сортов винограда (Мускат Гамбургский, Мускат Италия), произрастающих в Севастопольской зоне возделывания винограда (АФ «Золотая балка») в процессе трехступенчатого вымораживания.

Для проведения эксперимента в производственных условиях в цехе ГП «Севастопольский винодельческий завод» была смонтирована установка, состоящая из четырёх реакторов, системы трубопроводов, соединяющих реакторы по хладагенту, холодильной установки и насосной станции.

Вымораживание виноградного сусла проводили согласно рекомендациям [7, 8, 10]. Температура хладагента при вымораживании составляла  $-7-8^{\circ}\text{C}$ . Один этап вымораживания длился 4 дня. Постепенно слой льда в процессе охлаждения нарастал, его толщина увеличивалась до 8-15см. С увеличением толщины слоя льда снижается теплопроводность обледеневших стенок сосуда, так как увеличение льда выполняет изоляционную роль. Для ускорения процесса концентрирование сусла проводилось в 3 ступени. Через каждые 4-5 суток концентрируемое сусло переливалось в свободный реактор при помощи насосной установки и системы трубопроводов с запорной арматурой.

Замер криоскопических температур хладоконцентрата проводили по ртутному лабораторному жидкостному стеклянному термометру ТЛ-4 со шкалой деления от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$  и ценой деления  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Определение физико-химических показателей сусла на всех этапах вымораживания проводилось согласно ГОСТов и методик выполнения измерений [1, 5, 13].

Для определения основных параметров концентрированного виноградного сусла были использованы следующие методы: потенциометрический, фотоколориметрический, рефрактометрический, метод отгонки летучих кислот с водяным паром и др. Полученные данные приведены в Табл. 1 и 2, причем даны средние значения из трех параллельных измерений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате трехступенчатого блочного вымораживания была определена степень концентрирования виноградного сусла (количество вымороженной воды). В среднем из 100 дал сусла было получено 40 дал концентрата, содержащего незначительное количество воды в объеме 1-2 дал. Суммарная масса вымороженной воды оставила 60 дал, следовательно, степень концентрирования составила 98,5%.

В результате дегустационной оценки аромат в исходном сусле был выражен слабо, а в вымороженном сусле отмечался уже яркий сортовой аромат.

pH является показателем активной кислотности виноградного сусла. Как следует из полученных результатов анализа pH равномерно повышается в процессе вымораживания (табл. 1), что можно объяснить уменьшением степени диссоциации протонсодержащих соединений при концентрировании сусла.

Диоксид серы широко используется в виноделии как консервант и антиоксидант для сульфитации мезги, сусла, вина. При растворении в сусле образует несколько форм

**ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ**

сернистой кислоты. Соотношение форм зависит от рН среды и температуры. В процессе вымораживания наблюдается незначительное повышение содержания сернистой кислоты. Полученные данные (табл. 2) могут свидетельствовать о том, что вероятно определённое её количество содержалось в вымороженной воде, и было удалено вместе с водой в процессе сепарации. Содержание сернистой кислоты в сусле не превышает предела содержания 200мг/дм<sup>3</sup> [5].

**Таблица 1.  
Изменение физико-химических показателей виноградного сусла в процессе трёхступенчатого вымораживания**

Ступени вымораживания	рН	Плотность, г/см <sup>3</sup>	$\eta_{(отн)}$	$\sigma$ , эрг/см <sup>2</sup>	$\chi \cdot 10^{-2}$ , См/м
Виноградное сусло сорта Алиготе					
Исходное сусло	3,05	1,081	1,88	64,67	10,35
I степень вымораживания	3,08	1,105	2,96	40,14	10,24
II степень вымораживания	3,19	1,135	4,22	35,45	10,15
III степень вымораживания	3,21	2,166	8,05	35,43	10,02
Виноградное сусло сорта Ркацители					
Исходное сусло	3,03	1,078	1,79	62,91	10,55
I степень вымораживания	3,06	1,091	1,94	36,76	10,45
II степень вымораживания	3,14	1,117	2,31	30,13	10,37
III степень вымораживания	3,19	2,186	5,06	29,56	10,21
Сусло смеси столовых сортов винограда					
Исходное сусло	3,10	1,083	1,91	58,21	10,40
I степень вымораживания	3,23	1,108	2,64	26,78	10,35
II степень вымораживания	3,35	1,125	3,61	22,67	10,27
III степень вымораживания	3,41	2,171	7,63	22,55	10,10

Таблица 2.

## Изменение химического состава виноградного сусла в процессе вымораживания

Ступени вымораживания	Концент-рация сахаров, г/дл	Титруе-мые кислоты, г/дм <sup>3</sup>	Летучие кисло-ты, г/дм <sup>3</sup>	Феноль-ные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	Содер-жание белка, мг/дм <sup>3</sup>	Терпе-новые спирты, мг/дм <sup>3</sup>
виноградное сусло сорта Алиготе						
Исходное сусло	18,6	6,6	0,19	226	78	0,22
I ступень вымораживания	25,2	7,9	0,19	280	65	1,90
II ступень вымораживания	33,3	9,9	0,21	302	62	2,63
III ступень вымораживания	38,8	10,5	0,21	342	62	4,71
виноградное сусло сорта Ркацители						
Исходное сусло	18,1	5,9	0,19	210	76	0,32
I ступень вымораживания	21,5	6,4	0,21	265	63	1,99
II ступень вымораживания	28,4	7,8	0,21	290	61	2,51
III ступень вымораживания	39,2	9,1	0,21	324	61	4,00
сусло смеси столовых сортов винограда						
Исходное сусло	19,4	4,8	0,17	230	80	0,27
I ступень вымораживания	26,0	5,3	0,18	274	67	1,80
II ступень вымораживания	30,6	6,4	0,18	298	64	2,75
III ступень вымораживания	39,8	7,5	0,19	356	63	4,41

pH является одним из факторов коагуляции и выпадения белков в осадок. По данным Датунашвили Е.Н. и сотр. [14, 15], изоэлектрические точки белков виноградного сусла, при которых белки наименее устойчивы в растворе, находятся в интервале pH 2,6 – 7,5. Измеренные значения pH попадают в область наименьшей устойчивости белков. Это свидетельствует о том, что белки не будут концентрироваться в виноградном сусле в ходе процесса вымораживания, поскольку

pH вымороженного виноградного сусла увеличивается для сорта Алиготе до 3,21, для сорта Ркацители до 3,19, для сусла смеси столовых сортов винограда до 3,41.

Коагуляцию и выпадение белков в осадок в ходе процесса вымораживания подтверждают данные, полученные при определении массовой концентрации белка, снижение его содержания свидетельствует о том, что белок не концентрируется в ходе вымораживания (табл. 2).

Содержание сахара характеризует вкусовые особенности игристого вина. В исследуемых образцах виноградных сусел содержатся глюкоза, фруктоза и сахароза. В процессе концентрирования происходит увеличение плотности сусла и, соответственно, содержания сахаров (табл. 1, 2).

Концентрирование сахаров происходит равномерно на всех трёх ступенях вымораживания. Конечное значение концентрации сахаров составляет для сусла сорта Алиготе — 38,8 г/дл, для Ркацители — 39,2 г/дл, для смеси столовых сортов винограда — 39,8 г/дл. В результате вымораживания виноградного сусла получены концентраты с содержанием сахаров в два раза большим, чем в исходном.

По полученным данным относительно содержания сахаров можно судить о перспективе использования концентрированного виноградного сусла в качестве резервуарного ликёра для вторичного брожения.

Кислотность виноградного сусла является одним из основных показателей их химического состава и вкусовых признаков. Титруемая кислотность является важным регламентируемым показателем качества игристого вина, так как значительно влияет на вкусовую гармонию и устойчивость к микробным помутнениям. Кислотность вина играет важную роль в предотвращении бактериальных заболеваний, влияет на скорость ферментативных и окислительных процессов. Титруемые кислоты — сумма содержащихся в сусле свободных кислот и их кислых солей. Из органических кислот в виноградном сусле преобладающими являются винная и яблочная, перешедшие из винограда, в незначительном количестве присутствуют щавелевая, лимонная, глюконовая и глюкуроновая кислоты. Концентрация титруемых кислот в сусле должна находиться в пределах от 5,0 до 14,0 г/дм<sup>3</sup>. Полученные данные титруемой кислотности показывают, что в процессе трёхступенчатого вымораживания концентрация титруемых кислот увеличивается (табл. 2). Следует заметить, что увеличение концентрации на каждой ступени вымораживания происходит равномерно.

Наряду с увеличением концентрации сахаров, что влияет положительно на вкусовые особенности игристого вина, происходит рост концентрации титруемых кислот, это может привести к разлаженности вкуса в готовой продукции. Поэтому в настоящее время ведутся разработки методов понижения кислотности в виноградном сусле.

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. Она образуется как вторичный продукт спиртового брожения сусла. В работе рассматривались образцы, не

подвергшиеся брожению. Это и объясняет совсем незначительное повышение концентрации летучих кислот, которое составляет  $0,02 \text{ г/дм}^3$  (табл. 2).

Содержание летучих кислот лимитируется при производстве вин, так как они придают винам неприятный вкус и запах, а в высоких концентрациях свидетельствуют о микробных заболеваниях. Незначительное повышение летучих кислот в ходе процесса вымораживания не будет отрицательно влиять на вкусовые качества игристого вина.

Этиловый спирт является основным продуктом виноделия. Это характерный для вина компонент, влияющий на его аромат и вкус. Этиловый спирт образуется в результате спиртового брожения виноградного сусла из сахаров. В игристых винах этиловый спирт является фактором микробиальной стабильности.

В процессе трехступенчатого вымораживания наблюдается незначительное увеличение объёмной доли этилового спирта, что можно объяснить протеканием этерификации и окисления, а также отсутствием спиртового брожения виноградного сусла, поскольку исследуемые образцы виноградных сусел, как говорилось ранее, не были подвержены брожению.

Вязкость — физико-химический показатель, характеризующий сопротивление передвижению одного слоя жидкости относительно другого. Вязкость жидкости зависит от ее природы, концентрации растворенных веществ, формы их молекул, температуры. Вязкость и ее соотношение с другими физико-химическими показателями используется при выявлении разбавления вин водой.

При вымораживании наблюдается значительное повышение относительной вязкости в 8 раз для сусла сорта Алиготе, в 5 раз для сусла сорта Ркацители, в 7 раз для сусла смеси столовых сортов винограда (табл. 1). Повышение вязкости легко объяснить тем, что в ходе вымораживания происходит концентрирование практически всех соединений, содержащихся в сусле.

Для обнаружения добавления воды в концентраты виноградных сусел и для выявления фальсификации готовых концентратов, следует рекомендовать и такой физико-химический показатель, как относительная вязкость.

Величина поверхностного натяжения зависит от концентрации поверхностно-активных веществ (ПАВ). ПАВ являются пенообразователями, к типичным из которых относят спирты, жирные кислоты, белки. Прочность и продолжительность существования пены зависит от содержания в системе пенообразователей. Содержание спиртов в процессе концентрирования увеличивается незначительно, содержание белковых соединений уменьшается. Судя по этим данным, на процесс пенообразования концентрирование вымораживанием должно сказываться негативно. Однако устойчивость пен объясняют действием, так называемого эффекта Гиббса, наличием у плёнки сравнительно высокой вязкости. По результатам анализа относительная вязкость интенсивно возрастает, а поверхностное натяжение уменьшается для концентрата сусла сорта Алиготе —  $35,43 \text{ эрг/см}^2$ , для Ркацители —  $29,56 \text{ эрг/см}^2$ , для сусла смеси столовых сортов винограда —  $22,55 \text{ эрг/см}^2$  (табл.1). При этих условиях на поверхности сусла образуется сплошной мономолекулярный слой ПАВ.

Результаты измерения поверхностного натяжения дали возможность говорить о повышении способности к пенообразованию вымороженного концентрата виноградного сусла (табл.1).

Из выше сказанного можно сделать вывод, что криоконцентраты исследуемых сортов виноградных сусел обладают высокой пенообразующей способностью, что играет важную роль при производстве игристых вин.

Электропроводность — физико-химический показатель, характеризующий способность виноматериала пропускать электрический ток под воздействием электрического поля. Электропроводность виноградного сусла будет определяться наличием ионов водорода и ионов металлов. По полученным результатам при вымораживании электропроводность виноградного сусла уменьшается (табл. 1). Это можно объяснить тем, что наряду с концентрированием веществ, происходит уменьшение степени диссоциации соединений, содержащихся в виноградном сусле. Полученные данные подтверждают результаты измерения pH. Часть ионов металлов соединяясь с белками, фенольными веществами, образуют труднорастворимые соединения, поэтому их содержание в концентрате уменьшается. На всех трёх ступенях наблюдается равномерное снижение электропроводности.

Значения показателей электропроводности используют для решения проблемы выявления фальсификации вин [5, 11].

Фенольные соединения имеют одну или несколько гидроксильных групп, связанных с атомами углерода ароматического ядра. Они присутствуют в виде мономеров, олигомеров и полимеров. Фенольные соединения активно участвуют в окислительно-восстановительных процессах, протекающих в виноградном сусле, взаимодействуют с белками и металлами, образуя труднорастворимые соединения, вызывающие помутнения вин. Они принимают участие в формировании букета, вкуса и цвета игристого вина. В процессе вымораживания происходит увеличение концентрации фенольных веществ в виноградном сусле, что благоприятно влияет на формирование букета вина. Следует заметить, что часть фенольных веществ образует труднорастворимые соединения с металлами и белками, что также подтверждается снижением концентрации белков (табл. 2).

Терпеновые спирты входят в состав эфирного масла винограда и обуславливают сортовой аромат виноматериалов. Линалоол и гераниол ответственны за мускатный аромат винограда и вина,  $\beta$ -ионон обладает запахом фиалки,  $\alpha$ -терпениол – запахом сирени. Максимальное содержание ( $11 \text{ мг/дм}^3$ ) терпеновых спиртов наблюдается в момент технической зрелости винограда.

В процессе вымораживания происходит увеличение, как свободных, так и связанных терпеновых спиртов (табл. 2). Их суммарное содержание увеличивается почти в 5 раз, что значительно обостряет сортовой аромат исследуемых образцов виноградных сусел. Это также подтверждает эффективность использования вымороженного виноградного сусла при производстве игристого вина нового типа.

Установлено, что большинство физико-химических характеристик виноградных сусел увеличивают свои показатели равномерно (водородный показатель, концентрация сахаров, концентрация титруемых кислот). Концентрация

сернистой кислоты связанной и общей, концентрация летучих кислот и спирта, незначительно меняют свои значения в процессе трёхступенчатого вымораживания. Увеличение концентрации фенольных веществ и значительное повышение содержания терпеновых спиртов (приблизительно в 4 раза) способствуют улучшению цвета и вкусовых особенностей игристых вин, полученных с использованием вымороженного виноградного суслу.

Таким образом, полученные криоконцентраты пригодны для использования в производстве высококачественного игристого вина.

### ВЫВОДЫ

1. После первой ступени вымораживания заметны изменения физико-химических показателей виноградных сусл сортов Алиготе, Ркацители, смеси столовых сортов винограда (Мускат Гамбургский, Мускат Италия). Наблюдается увеличение основных исследуемых параметров виноградного суслу: рН, плотности, относительной вязкости, титруемой кислотности, содержания сахара, фенольных веществ и терпеновых спиртов. На II и III этапах вымораживания также отмечается дальнейшее увеличение значений измеряемых характеристик.
2. Полученный концентрат может быть использован в качестве резервуарного ликера для вторичного брожения

### Список литературы

1. Сборник инструкций и положений по технохимическому и микробиологическому контролю в винодельческой промышленности / Под ред. Г.Г. Валуйко. – Симферополь: «Крым», 1990. – 139 с.
2. Способы производства вин. Превращения в винах / [Ж. Рибера-Гайон, Э. Пейно, П. Рибера-Гайон, П. Сюдро]. – Пер. с франц. / Под ред. Г.Г. Валуйко. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1990. – 480 с.
3. Косюра В.Т. Игристые вина. История, современность и основные направления производства. / В.Т. Косюра – Краснодар, 2006. – 503 с.
4. Современные способы производства игристых вин / Под ред. Г.Г Валуйко – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1999. – 328 с.
5. Гержикова В.Г. Методы технического контроля в виноделии / В.Г Гержикова. – Симферополь: «Таврида», 2002. – 259 с.
6. Кишковский З.Н. Технология вина / З.Н. Кишковский, А.А. Мерджаниан– М.: Легкая и пищевая промышленность, 1999. – 504 с.
7. Буртов О.А. Исследования и разработка технологии концентрированного виноградного суслу методом вымораживания для производства вин : дисс. ... канд. техн. Наук : 05.18.13. / О.А. Буртов – Ялта, 1973. – 208 с.
8. Пап Л. Концентрирование вымораживанием / Л. Пап – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1992. – 97 с.
9. Thijssen. H. Freeze-concentration. Advances in Dehydration and Preconcentration / H. Thijssen. // Selsdon Park. – 1993 – Vol. 12, №3. – P. 115–147.
10. Бурдо О.Г. Обобщение результатов экспериментальных данных по процессам блочного вымораживания столовых сухих вин / О.Г. Бурдо, О.В. Радионова, Л.А. Осипова // Наукові праці ОНАХТ. – 2006. – Вип. 28. – Т. 2. – С. 58–66.
11. Гасюк Г.Н. Технологические исследования по концентрированию виноградного сока вымораживанием / Г.Н. Гасюк, М.И. Зеленская – М.: «Химия», 1998. – 139 с.



12. Радионова О.В. Экспериментальное моделирование процессов низкотемпературного разделения виноматериалов / О.В. Радионова, Л.А. Осипова, О.Г. Бурдо // Тр. III Междунар. науч.-практич. конф. «Пищевые технологии – 2005». – Одесса: ОНАПТ, 2005. – 76 с.
13. ГОСТ 28685–90. Вина игристые. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 28685–82; Введ.01.01.2007. – М.: Из-во стандартов, 1986. – 6 с.
14. Датунашвили Е.Н. О белковом составе сусла различных сортов винограда / Е.Н. Датунашвили, Н.М. Павленко // Прикладная биохимия и микробиология. – 1998. – Т. 4. – №4. – С.471–473.
15. Датунашвили Е.Н. Влияние технологических обработок вин на стойкость их к коллоидным помутнениям / Датунашвили Е.Н., Павленко Н.М., Маликова В.Я. – Симферополь: «Крым», 2004. – 55 с.

**Панова Е.П. Вплив низьких температур на фізико-хімічні властивості виноградного сусла / Е.П. Панова, Г.М. Кацева, В.Е. Бурда // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 208-217.**

У роботі проведено дослідження зміни фізико-хімічних характеристик (в'язкість, електропровідність, рН, титруєми кислоти, цукрі та ін.) виноградних сусел сортів Алиготе, Ркацетели й суміші столових сортів винограду в процесі тріступінчастого концентрування методом блокового виморожуваного. Отриманий концентрат може бути використаний у якості резервуарного лікеру для вторинного шумування.

**Ключові слова:** виморожування виноградного сусла, в'язкість, електропровідність, титруєма кислотність, цукрі.

**Panova E.P. The influence of low temperatures on physicochemical property of must / E.P. Panova, G.N. Katceva, V.E. Burda // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 208-217.**

In this work carry out research changes of physicochemical descriptions (viscosity, conductivity, pH, titrating acidity, sugar and other's) of must grade Aligote, Rkatsiteli and mixes of Chasselas, is conducted in the process of three-stage concentration of the sectional freezing a method. Derived concentrate can be used as reservoir liqueur for the second fermentation.

**Key words:** freezing of must, viscosity, conductivity, titrating acidity, sugar

*Поступила в редакцію 18.03.2010 г.*

УДК 661.882+66.094.2

## СИНТЕЗ СУЛЬФАТА ТИТАНА(III) В СЕРНОКИСЛОТНЫХ РАСТВОРАХ

Федоренко А.А.<sup>1</sup>, Першина Е.Д.<sup>1</sup>, Федоренко Л.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина

<sup>2</sup>Крымский институт информационно-полиграфических технологий Украинской Академии печати, Симферополь, Украина

E-mail: fedoram37@gmail.com

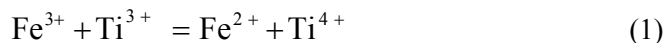
В работе представлена информация об исследовании растворимости пасты диоксида титана в растворах серной кислоты с целью дальнейшего восстановления ионов титана(IV) до титана(III), как сильного восстановителя ионов железа(III) до ионов железа(II). Описаны основные проблемы, возникающие при производстве диоксида титана как пигмента. Предложены способы получения растворимого и кристаллического сульфата титана(III) в сернокислотных растворах.

**Ключевые слова:** растворимость, диоксид титана, сульфат титана(III), ионы железа, восстановление, пигмент, производство.

### ВВЕДЕНИЕ

Диоксид титана (TiO<sub>2</sub>) — это бесцветное твердое кристаллическое вещество. Он практически не поглощает падающего света в видимой области спектра (400-750 нм). Особые свойства диоксида титана заключаются в том, что он является самым стабильным из всех известных белых пигментов: нерастворим в кислотах, щелочах и растворах, нелетуч, отличается высокой устойчивостью к различным соединениям, в том числе и к реакционным компонентам, содержащимся в воздушной среде. Обладает чрезвычайной инертностью, не токсичен и поэтому считается весьма безопасным веществом. Допускается контакт с пищевыми продуктами, находящимися в упаковках, а в небольших количествах его можно использовать и как пищевой краситель. Потребление диоксида титана всегда будет возрастать, из-за его использования в производстве металлического титана. Следовательно, технология производства диоксида титана всегда будет находиться в состоянии совершенствования и развития, как в техническом, так и экологическом аспектах.

Актуальность этих исследований заключается в замене металлической стружки или обрезки листового железа и алюминиевого порошка на кристаллический сульфат титана(III). Такой подход в технологическом процессе восстановления ионов железа(III) до железа(II) является более управляемым. Процесс восстановления железа(III) ионами титана(III) представлен уравнением (1).



При этом исключается загрязнение пасты диоксида титана хромофорами (соединениями хрома, меди, марганца, ниобия и др.), которые содержатся в сплавах

металлического железа, кроме того, существенно уменьшается расход серной кислоты на образование атомарного водорода. При активном выделении атомарного водорода часть его превращается в молекулярный водород, который, как правило, выбрасывается в атмосферу вместе с другими газами (диоксид серы, сероводород, оксиды азота и др.). Процесс восстановления ионов железа, описанный уравнением (1), является экономически целесообразным, так как в данном случае имеется возможность автоматического дозирования и контроля реагента.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При проведении исследований был использован метод относительной растворимости и его физико-химические варианты: денсиметрический, рефрактометрический, спектрофотометрический [1]. Ошибка при измерении плотности растворов составляла  $(9,2 \pm 0,5) \cdot 10^{-5}$  г/см<sup>3</sup>. В работе использованы изменения плотности растворов ( $\Delta d_i = d_2 - d_1$ , где  $d_1$  — плотность раствора до растворения диоксида титана;  $d_2$  — плотность раствора после насыщения диоксидом титана), растворимость ( $S_i$ ) и  $\Delta d_i$  находятся в следующей зависимости  $S_i = \tau \cdot \Delta d_i$ , где  $\tau$  — количество молей растворенного диоксида титана, вызывающее изменение плотности раствора на единицу. Определения концентрации ионов титана(IV) и титана(III) в растворах серной кислоты также осуществлялось с применением методики, изложенной в Стандарте предприятия [2]. Среднее арифметическое расхождение двух параллельных определений не превышало 0,025% при доверительной вероятности  $P=0,95$ . При электрохимическом восстановлении ионов железа(III) и титана(IV) использованы стабилизированные источники питания: Б5–47, СНП–40. Измерительные приборы В7-21, Щ-300. Гравиметрические измерения выполнены на весах 2–класса ВЛР–200. Погрешность при измерениях составляла  $\pm 1,0 \cdot 10^{-4}$  г.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основной задачей настоящей работы является поиск рациональных приемов синтеза сульфата титана(III) в кристаллическом виде из пасты диоксида титана. Необходимость такого восстановителя обуславливается тем, что в данном случае достигается полное блокирование железа(III) в технологических растворах. Информация об электрохимическом синтезе сульфата титана(III) в растворах ограничена [3, 4]. Исходными химическими реагентами при синтезе являются сульфат титана, хлорид титана(IV) в серной кислоте. Химический способ основан на применении металлов Zn, Fe, Al и растворов сульфата титана и др. [3]. Нами получен, в зависимости от концентрации серной кислоты, как растворимый сульфат титана(III), так и кристаллический. Это стало возможным при проведении систематических исследований физико-химических параметров синтеза и анализа характеристик растворимости сульфата титана(III). Исследования проведены в серии из 10 растворов, с концентрациями (W, %) от 15,68 до 91,29. Установлено, что гомогенные растворы образуются только при концентрации до 28,94 %, в остальных случаях — гетерогенные. Содержание титана(III) в гомогенном растворе

составляет 20 г/дм<sup>3</sup>. Не растворим в растворах серной кислоты от 59,06 до 74,18 %. При концентрациях 39,91 и 49,94 % — ограничено растворимы, а в случае 86,28-91,29% наблюдается растворение сульфата титана(III) с образованием светло-желтого раствора. Установлено, что цвет кристаллов сульфата титана(III) зависят от количества кристаллизационной воды: с 8 молекулами воды — синие; с 5 молекулами воды — фиолетовые; при образовании кислых кристаллогидратов: фиолетовые —  $\text{TiH}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  и голубые —  $\text{Ti}_2\text{H}_4(\text{SO}_4)_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ; безводный кристаллический порошок, зеленый —  $\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Нами также была получена важная информация о растворимости диоксида титана в растворах серной кислоты при одновременном присутствии органического восстановителя. Исследования проводили с использованием денсиметрического метода по изменению плотности растворов ( $\Delta d_i$ ) [1] в диапазоне концентрации серной кислоты (W, %) от 15,68 до 91,29. В данной системе выявлены две области изменения плотности растворов (рис. 1). Сплошная линия выявлена по методу наименьших квадратов и описывает сам процесс изменения растворимости диоксида титана в зависимости от массовой доли серной кислоты в растворах. Первая область находится в интервале концентраций от 15,68 % до 49,94 %, в которой обнаруживается понижение растворимости диоксида титана с наличием минимума при 28,94%, а затем активное повышение растворимости. Понижение растворимости нами объяснено как влияние осаждающего аниона на основании принципа Ле Шателье. Диоксид титана при наличии серной кислоты в растворе вступает во взаимодействие с образованием соединения  $\text{TiOSO}_4$ , которое диссоциирует по схеме:

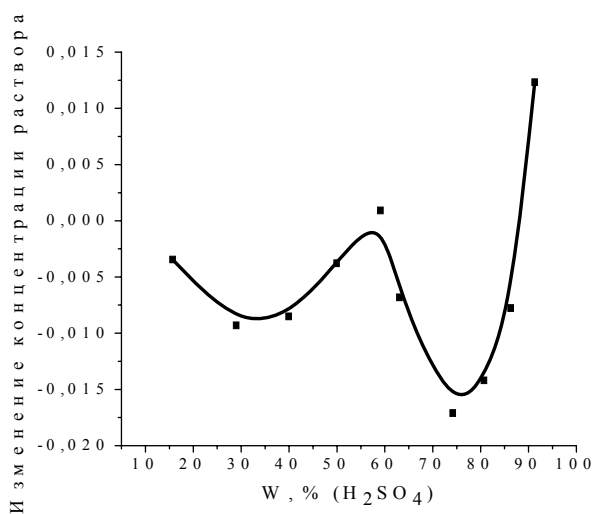


Рис. 1. Растворимость диоксида титана в растворах серной кислоты при наличии органического восстановителя.

## СИНТЕЗ СУЛЬФАТА ТИТАНА(III) В СЕРНОКИСЛОТНЫХ РАСТВОРАХ

Серная кислота в разбавленных растворах также находится в диссоциированном состоянии, поэтому свободный сульфат-ион выполняет свойства осаждающего аниона. Повышение же растворимости в системе объясняется наличием процесса комплексообразования, а именно, образованием сульфатных комплексов титана(IV). Поведение кривой растворимости диоксида титана описывается следующей функцией:

$$F = 0,01252 - 0,00134 x + 2,02599 x^2,$$

где  $x$  — концентрация серной кислоты.

Второй минимум растворимости наблюдается в интервале концентраций от 59,06 до 91,28 %. Этот участок описывает процесс восстановления диоксида титана(IV) до титана(III) с образованием малорастворимого соединения сульфата титана(III). Последующее повышение растворимости диоксида титана при концентрациях серной кислоты 69,95-91,29 % объясняется процессом образования растворимых комплексных соединений титана(III). Функциональная зависимость наблюдаемого процесса описывается следующей функцией:

$$F = 0,57573 - 0,01604 x + 1,07903 e^{-4} x^2,$$

где  $x$  — концентрация серной кислоты.

Вторым направлением синтеза сульфата титана(III) выбран метод, основанный на применении постоянного электрического тока к промышленным сернокислотным растворам предприятия ЗАО «Крымский ТИТАН». Концентрация серной кислоты в таких растворах находилась в пределах 30%. В качестве анода и катода был использован листовой свинец. Электрохимический процесс проведен в статическом режиме при плотности тока 6,0 А/дм<sup>3</sup> и напряжении 4,5 В. Результаты электрохимического восстановления железа(III) и синтеза титана(III) представлены в Таблице.

**Таблица.**  
**Восстановление ионов железа и титана при температуре 60 °С**

Восстановление ионов железа(III)		Синтез ионов титана(III)	
Время, мин.	Масса Fe <sup>3+</sup> , г/дм <sup>3</sup>	Время, мин.	Масса Ti <sup>3+</sup> , г/дм <sup>3</sup>
0	25	180	7,00
30,0	16,3	210	14,32
60,0	10,63	240	22,14
90,0	6,96	270	25,40
120	4,38	-	-
150	1,80	-	-

Функциональная зависимость восстановления железа(III) с содержанием ионов от 25 г/дм<sup>3</sup> до 1,80 г/дм<sup>3</sup> определена следующим уравнением:

$$F = 24,50429 - 0,2758 x + 8,52381 e^{-4} x^2.$$

Синтез сульфата титана(III) определяется функциональной зависимостью следующего вида:  $F = -85,875 + 0,71757x - 0,00113e^{-4x^2}$ .

Общая информация восстановления железа(III) до железа(II) и титана(IV) до титана(III) представлена в графическом виде на Рис. 2.

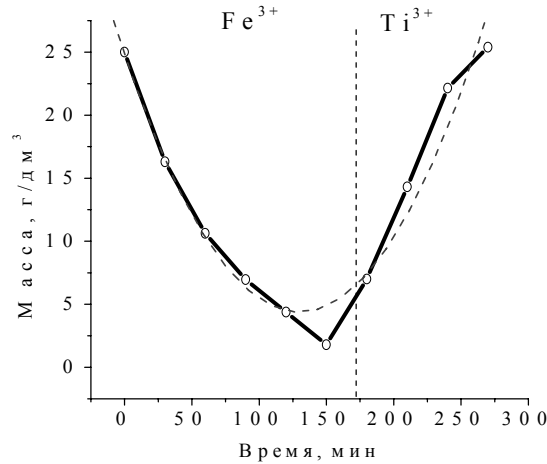


Рис. 2. Электрохимическое восстановление ионов  $Fe^{3+}$  и ионов  $Ti^{3+}$  в технологическом растворе.

В описанном примере в технологическом растворе образуются растворимые соли восстановленных металлов. Однако было бы более удобно для производства иметь соль сульфата титана в кристаллическом виде. Это обусловлено тем, что в технологическом процессе синтеза диоксида титана возникает необходимость корректировки растворов по концентрации титана(III), особенно на стадии отбели пасты диоксида титана. Процесс отбели проводят с использованием алюминиевого порошка, что увеличивает себестоимость готовой продукции.

Решение этой задачи стало возможным на основании систематического исследования растворимости диоксида титана во всем интервале концентраций серной кислоты (рис. 1). Из рисунка можно сделать вывод, что самая малая растворимость сульфата титана(III) находится в диапазоне концентраций 70 - 80 % серной кислоты, поэтому при электрохимическом синтезе в растворе он будет находиться в таком же состоянии. С целью увеличения выхода по току и увеличения скорости синтеза, процесс проводили в динамическом режиме при плотности тока  $6,0 \text{ А/дм}^2$  и температуре  $60^\circ\text{C}$ . В качестве анода использован свинец, а катодом был выбран сплав 3d-металлов. При синтезе сульфата титана(III) использована паста диоксида титана, полученная от предприятия ЗАО «Крымский ТИТАН».

## ВЫВОДЫ

1. Исследована растворимость диоксида титана с целью выявления состояний гомогенных и гетерогенных растворов для дальнейшего планирования

- процессов электрохимического синтеза растворимого и кристаллического сульфата титана(III), как активного восстановителя ионов железа(III).
2. Выполнены исследования по определению растворимости диоксида титана в присутствии органического восстановителя, где выявлена область восстановления диоксида титана.
  3. Выполнены исследования по электрохимическому восстановлению технологических растворов на предприятии ЗАО «Крымский ТИТАН», установлен выход по току: для ионов железа(III), равный 73 %, для титана(IV) — 51%.
  4. Синтезирован кристаллический сульфат титана(III) из пасты диоксида титана с использованием глицерина, как ингибитора окисления ионов титана(III).

#### Список литературы

1. Федоренко А.М. Метод относительной растворимости, теория и практика : дис. ... доктора хим. наук: 02.00.01 / Федоренко Александр Михайлович. – К., 1992. – 415 с.
2. Гидролизная, смешанная и упаренная серная кислота. СТП 32785994.005-2005 [Дата введения 2005-09-12] – Армянск, Украина, 2005, 16 с. – (ЗАО «Крымский ТИТАН»).
3. Горощенко Я.Г. Химия титана / Яков Гаврилович Горощенко. – К. Наукова думка, 1970. -334 с.
4. А.с. 905199 СССР МКИ<sup>3</sup> С 01. G 23/00. Способ получения раствора сульфата трехвалентного титана / В.А.Иоффе, В.А.Тюсуин, С.Я. Корниловских, С.И.Лукшина, Р.И.Садилов (СССР) – № 2895960/23-26; заявл. 20.03.80; опубл. 15.02.82, Бюл. № 6.
5. Руководство по неорганическому синтезу / [Ред. Р. Брауэр]. – М.: Мир, 1985. – 1504 [4].

**Федоренко А.О. Розчинність двооксиду титану і синтез сульфату титану(III) в сірчанокислих розчинах / А.О. Федоренко, К.Д. Першина, Л.П. Федоренко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 218-223.**

У роботі представлена інформація відносно дослідження розчинності пасту двооксиду титану в розчинах сірчаної кислоти з метою подальшого відновлення іонів титану(IV) до титану(III), як сильного відновника іонів заліза(III) до іонів заліза(II). Описані основні проблеми, що є при виробництві двооксиду титану. Запропоновані способи отримання розчинного і кристалічного сульфату титану(III) в сірчанокислих розчинах.

**Ключові слова:** розчинність, двооксид титану, сульфат титану(III), іони заліза, відновлення, пігмент, виробництво.

**Fedorenko A.A. Solubility of titanium dioxide and synthesis of sulfate of titan(III) are offered in solutions of sulphuric acid / A.A. Fedorenko, E.D. Pershina, L.P. Fedorenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 218-223.**

Information is in-process presented about research of solubility of paste of titanium dioxide in solutions of sulphuric acid with the purpose of further renewal of ions of titan(IV) to titan(III), as strong reparer of ions of iron(III) to the ions of iron(II). Basic problems, present at the production of titanium dioxide, are described. The methods of receipt of soluble and crystalline sulfate of titan(III) are offered in solutions of sulphuric acid.

**Key words:** solubility, titanium dioxide, sulfate of titan(III), ions of iron, renewal, pigment, production.

*Поступила в редакцію 15.03.2010 г.*

**УДК 539.196+543.422**

## **ОЦЕНКА ЭНЕРГИИ ДИМЕРИЗАЦИИ АНТРАНИЛОВОЙ КИСЛОТЫ**

*Шейх-Заде М.И.*

*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина  
E-mail: csepu@gala.net*

Изучены инфракрасные спектры растворов антралиловой кислоты в  $CCl_4$  в области валентных колебаний  $C=O$  и  $OH$  групп в интервале температур 22–72 °С. Получены значения константы димеризации  $K_d$  при различных температурах. Из температурной зависимости  $K_d$  найдено значение  $-\Delta H_d$  димеризации этой кислоты. Сделан вывод о том, что уменьшение электронодонорной способности карбонильной группы компенсируется увеличением протонодонорной способности гидроксильной группы.

**Ключевые слова:** инфракрасные спектры, антралиловая кислота, константа димеризации, энтальпия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Измерению по ИК спектрам поглощения изменения энтальпии  $-\Delta H_d$  димеризации бензойной кислоты (БК) и ее замещенных посвящен ряд работ [1-4]. Значение  $-\Delta H_d$  БК в растворе в  $CCl_4$  по данным [1-4] составляет 11.0, 8.3, 10.6, 10.1 ккал/моль. Разброс значений  $-\Delta H_d$  составляет 10–17% от среднего значения  $-\Delta H_d$  и, по-видимому, характеризует погрешность применяемых методик определения величины  $-\Delta H_d$ . Введение заместителей в бензольное кольцо приводит к перераспределению электронной плотности в молекуле, в частности, на атоме водорода  $OH$ -группы и атоме кислорода  $C=O$  группы, и можно предположить, что это отразится и на величине  $-\Delta H_d$ . Измерение  $-\Delta H_d$  замещенных БК в растворе в  $CCl_4$  по ИК спектрам поглощения было проведено в работах [2, 4]. В [2] для 4-X-БК (X=CH<sub>3</sub>, F, Cl, I) получены значения  $-\Delta H_d$  8.9, 9.2, 9.0, 9.4 ккал/моль, в [4] для пентахлор- и пентафтор-БК получено 10.3 и 8.8 ккал/моль соответственно. Из этих данных видно, что величина  $-\Delta H_d$  слабо меняется при введении заместителей в бензольное кольцо и находится (с учетом приведенного выше разброса значений  $-\Delta H_d$  для БК) в пределах величины  $-\Delta H_d$  для БК. Большого эффекта можно ожидать при введении в орто-положение заместителей, способных образовать внутримолекулярную водородную связь (ВВС)  $C=O\dots H-X$  (например, X=O, N). ВВС инициирует дополнительное перераспределение электронной плотности в карбоксильной группе, что приводит к изменению протонодонорной и протоноакцепторной способностей этой группы.

Задачей данной работы являлось измерение константы димеризации  $K_d$ , изменения энтальпии  $-\Delta H_d$  антралиловой кислоты (АК) в растворе в  $CCl_4$  с целью выяснения влияния ВВС и электронных эффектов заместителя в орто-положении на



значение  $-\Delta H_d$ , которую с хорошим приближением можно считать равной энергии димеризации.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

ИК спектры растворов АК в  $CCl_4$  регистрировались на спектрофотометре UR – 20.

Спектральная ширина щели, скорость сканирования спектра, постоянная времени приемно-регистрирующей системы выбирались такими, чтобы свести к минимуму искажающее влияние прибора на спектры. Исследовались растворы АК в  $CCl_4$  при различных концентрациях в интервале 0.005–0.1 моль/л в термостатируемых кюветах с окнами из  $CaF_2$  при температурах 22, 38, 55, 72 °С. Температура измерялась медь-константовой термопарой с точностью 0.5 °С. Осушка  $CCl_4$  проводилась  $P_2O_5$ . При обработке результатов вводилась поправка на зависимость плотности раствора от температуры. Толщина слоя раствора выбиралась такой, чтобы оптические плотности в максимуме аналитических полос находились в оптимальной области [5].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В работе [6] показано, что в использованных экспериментальных условиях как мономеры, так и циклические димеры АК находятся в конформации с ВВС и существует равновесие между мономерами и димерами АК:



Константу равновесия реакции (1), т.е. константу димеризации  $K_d$ , можно определить по формуле:

$$K_d = C_d / 2(C^a)^2 = (C_0^a - C^a) / 2(C^a)^2 \quad (2)$$

где  $C_0^a$  – исходная концентрация кислоты,  $C^a$ ,  $C_d$  – концентрации мономеров и димеров АК соответственно. Определение  $K_d$  проводилось двумя независимыми способами, изложенными в [7]. По первому способу определение  $K_d$  проводилось по полосам  $\nu_m C=O$  и  $\nu_d C=O$ , которые разделялись графически. Как показали результаты обработки спектров, полуширины этих полос не зависят от температуры в области 22–72 °С и равны 15 и 21  $cm^{-1}$  соответственно. Это позволило проводить дальнейшие измерения по оптической плотности  $D_m$  и  $D_d$  в максимумах этих полос. Для определения коэффициентов поглощения  $E_m$ ,  $E_d$  в максимумах этих полос был построен график зависимости  $D_d / C_0^a \cdot d$  от  $D_m / C_0^a \cdot d$ , где  $d$  – толщина слоя раствора.

Как видно из Рис.1, точки, соответствующие разным температурам, ложатся на одну и ту же прямую. Это означает, что коэффициенты поглощения  $E_m$  и  $E_d$  полос  $\nu C=O$  мономера и димера не зависят от температуры в рабочем интервале 22–72 °С.

Экстраполяция прямой до пересечения с осями координат позволяет получить значения  $\epsilon_m=1580$  и  $\epsilon_d=1260$  л/моль·см, которые были использованы для определения  $K_d$  по формуле (2). Например, для температуры 22°C значение  $K_d=1585$  л/моль. Из графика зависимости  $\lg K_d$  от  $1/T$ , который в рабочем интервале температур представляет собой прямую линию, было найдено значение  $-\Delta H_d = 9.3$  ккал/моль.

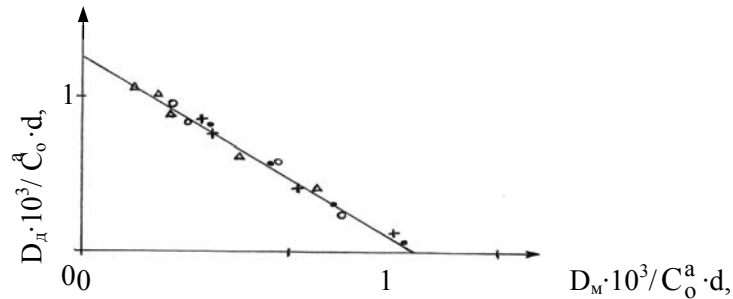


Рис.1. График зависимости  $D_d/C_0^a \cdot d$  от  $D_m/C_0^a \cdot d$  для полос  $\nu C=O$  для растворов АК в  $CCl_4$ .  $\Delta$  – 22 °С,  $\bullet$  – 38 °С,  $+$  – 55 °С,  $\circ$  – 72 °С.

Определение  $K_d$  по второму способу проводилось по полосе  $\nu_m OH$  мономеров АК. Измерения показали, что полуширина этой полосы не зависит от температуры в рабочем интервале температур и равна  $25\text{см}^{-1}$ . Поэтому измерения  $K_d$  проводились по оптической плотности  $D$  в максимуме полосы  $\nu_m OH$ . Для нахождения значений  $\epsilon$  и  $K_d$  воспользовались уравнением [4]

$$D/d = (\epsilon^2/2K_d) \cdot (C_0^a \cdot d/D) - \epsilon/2K_d \quad (3)$$

Графические изображения зависимости (3) в координатах  $D/d$  от  $C_0^a \cdot d/D$  для фиксированной температуры представляет собой прямую линию, наклон которой определяется величиной  $\epsilon^2/2K_d$ , а точка пересечения с осью абсцисс – величиной  $1/\epsilon$ . Для растворов АК в  $CCl_4$  такие графики приведены на Рис.2.

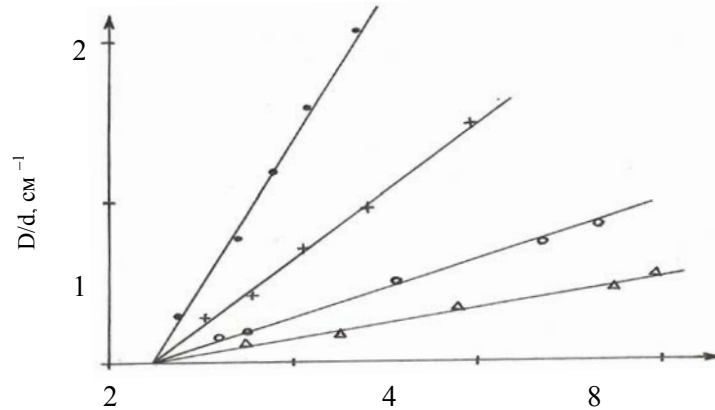


Рис.2. Графики зависимостей  $D/d$  от  $C_0^a \cdot d/D$  для растворов АК в  $CCl_4$  для полос  $\nu_m OH$ .  $\Delta$  – 22 °С,  $\bullet$  – 38 °С,  $+$  – 55 °С,  $\circ$  – 72 °С.

Из Рис. 2 видно, что прямые, соответствующие разным температурам, практически пересекаются в одной точке. Это означает, что коэффициент поглощения  $\mathcal{E}$  в максимуме полосы  $\nu_{\text{м}}\text{ОН}$  не зависит от температуры в рабочем интервале температур. Полученное таким образом значение  $\mathcal{E}$  оказалось равным 400 л/моль·см. Из графиков на Рис.2 были определены значения  $\mathcal{E}^2/2K_{\text{д}}$  для каждой рабочей температуры. По найденным значениям  $\mathcal{E}$  и  $\mathcal{E}^2/2K_{\text{д}}$  были рассчитаны величины  $K_{\text{д}}$ . Например, для температуры 22 °С значение  $K_{\text{д}}=1050$  л/моль. Из графика зависимости  $\lg K_{\text{д}}$  от  $1/T$ , которая в рабочем интервале температур представляет собой прямую линию, было найдено значение  $-\Delta H_{\text{д}} = 10.0$  ккал/моль.

Среднеквадратичная ошибка определения величины  $-\Delta H_{\text{д}}$ , оцененная по разбросу точек зависимостей  $\lg K_{\text{д}}$  от  $1/T$  составляет 0.4 ккал/моль. Эта величина является заниженной, так как не отражает погрешностей, вносимых при разделении полос и, видимо, других систематических ошибок. Несколько более объективную оценку точности найденных величин можно получить, сопоставив значения  $K_{\text{д}}$  и  $-\Delta H_{\text{д}}$ , определенных по двум использованным методикам. Из полученных данных видно, что значения  $K_{\text{д}}$  (при одной и той же температуре) отличаются ~ на 50%, а значения  $-\Delta H_{\text{д}}$  на 7% (0.7 ккал/моль). Еще более полное суждение о величине систематических ошибок можно получить из сравнения результатов работ разных авторов [1-4], применявших сходные методики при определении значения  $-\Delta H_{\text{д}}$  БК; в этих работах разброс значений  $-\Delta H_{\text{д}}$  составляет 10-17%.

Сравнение полученных значений  $-\Delta H_{\text{д}} = 9.3-10.0$  ккал/моль для АК со значениями  $-\Delta H_{\text{д}}$  для фенилантраниловой 10.6 [8], салициловой 10.4 ккал/моль [9] кислот, в которых также имеется ВВС и БК 8.3-11.0 ккал/моль [1-4], 4-Х-БК (X=CH<sub>3</sub>, F, Cl, I) 8.9, 9.2, 9.0, 9.4 [2], пентахлор – и пентафторбензойной кислот 10.4 и 8.8 ккал/моль соответственно [4], ацетилсалициловой кислоты 10.8 ккал/моль [9], в которых нет ВВС, показывает, что в пределах ошибки эксперимента (о котором говорилось выше) можно считать значения  $-\Delta H_{\text{д}}$  этих кислот практически совпадающими. Если же учесть более сильное взаимодействие мономерных молекул кислот с молекулами растворителя, чем димерных [10, 11], то отличия в значениях  $-\Delta H_{\text{д}}$  указанных кислот будут еще менее существенным.

## ВЫВОД

На основании полученных результатов можно заключить, что в АК, также как и в фенилантраниловой и салициловой кислотах, уменьшение электронодонорной способности карбонильной группы, обусловленное участием этой группы в ВВС и влиянием электронных эффектов заместителя в орто-положении, компенсируется увеличением протодонорной способности гидроксильной группы.

## Список литературы

1. Allen G. An infrared study of the association of benzoic acid in the vapour phase and in dilute solution in non-polar solvents / G. Allen, J.G. Watkinson, K.H. Webb // Spectrochim. Acta. – 1966. – Vol. 22. – № 5. – P. 807–814.
2. Hanrahan E.S. Dimerization of p-substituted benzoic acids/ E.S. Hanrahan, B.D. Bruce // Spectrochim. Acta. – 1967. – Vol. 23A. – №9 – P. 2497–2503.

3. An infrared study of the association of benzoic acid and of deuterobenzoic acid in carbon tetrachloride solution/ P.K. Glasoe, S. Hallock, M. Hove [et al] // Spectrochim. Acta. – 1971. – Vol. 27A. – №11. – P. 2309–2314.
4. Жукова В.А. Димеризация бензойной кислоты и ее пентахлор – и пentaфторзамещенных / В.А. Жукова, Л.И. Тарасова, М.И. Шейх-Заде // ТЭХ. – 1978. – Т. 14. – №3. – С. 396–398.
5. Смит А. Прикладная ИК – спектроскопия. / А. Смит. – М.: Мир, 1982. – 328 с.
6. Шейх-Заде М.И. Исследование молекулярных форм антралиловой кислоты в разбавленных растворах в  $CCl_4$  / М.И. Шейх-Заде // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т.22 (61). – №2. – С.207–211.
7. Смолянский А.Л. Определение энергии водородной связи изомасляной кислоты в растворах по инфракрасным спектрам / А.Л. Смолянский. // Опт. и спектр. – 1962. – Т.13. – №4. – С. 475–479.
8. Шейх-Заде М.И. Исследование димеризации фенилантралиловой кислоты по ИК спектрам поглощения / М.И. Шейх-Заде // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2007. – Т. 20 (59). – № 2.– С. 131–135.
9. Нагибина Т.И. Сравнительная характеристика протодонорной способности салициловой и ацетилсалициловой кислот / Т.И. Нагибина, А.Л. Смолянский, М.И. Шейх-Заде // ЖОХ. – 1982. – Т. 52. – №4. – С. 754–759.
10. Щепкин Д.Н. Некоторые вопросы спектроскопии водородной связи / Д.Н. Щепкин, Е.В. Шувалова // Сб. Спектроскопия взаимодействующих молекул. – Л.: ЛГУ. 1970. – С. 98–125.
11. Hilgard S. Solute–solvent interactions.VI. Formation and stabilization energy of very weak collision complexes of alcohols and carboxylic acid monomers with non-polar solvents / S. Hilgard, M. Horak, A Vystcil // Coll. Czech. Chem. Commun. – 1974. – Vol. 39. – № 11. – P. 3215–3223.

**Шейх-Заде М.И. Оцінка енергії димеризації антралилової кислоти / М.И. Шейх-Заде // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Биология, химия”. – 2010. – Т. 23 (62). – № 1. – С. 224–228.**

Одержано інфрачервоні спектри розчинів антралилової кислоти у  $CCl_4$  у області валентних коливань  $C=O$  і  $OH$  груп в інтервалі температур 22–72 °С. Одержано значення константи димеризації  $K_d$  при різних температурах. Із температурної залежності  $K_d$  знайдено значення  $-\Delta H_d$  димеризації цієї кислоти. Зроблений вивід в тім, що зменшення електронодонорної здатності карбонільної групи компенсується збільшенням протонодонорної здатності гідроксильної групи.

**Ключові слова:** інфрачервоні спектри, антралилова кислота, константа димеризації, ентальпія.

**Sheikh-Zade M.I. Estimation of dimerization's energy of antronylic acid / M.I. Sheikh-Zade // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – V.23 (62). – № 1. – P. 224–228.**

Infrared spectra of antronylic acid's solutions in  $CCl_4$  in the field of valency vibrations of  $C=O$  and  $OH$  groups in the temperature interval 22–72 °C have been received. Constant of dimerization  $K_d$  value under different temperatures have been obtained. Depending on the temperature of  $K_d$  the value  $-\Delta H_d$  dimerization of this acid were found. A conclusion has been made that reduction of electronodonation capacity of carbonyl group is being compensated by the increase of protonodonation capacity of hydroxyl group.

**Key words:** infrared spectra, antronylic acid, constant of dimerization, enthalpy.

*Поступила в редакцію 18.02.2010 г.*

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Алпеева Алла Викторовна** Керченский экономико-гуманитарный институт Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, филиал кафедры физической реабилитации, кандидат биологических наук, тел.(261)20018, e-mail: alla.alpeeva@yandex.ru.
- Аристова Надежда Ивановна** НИВиВ «Магарач», научный сотрудник испытательно-аналитической лаборатории, кандидат технических наук, тел. (0654)261097.
- Астапенко Наталья Аркадьевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии растений и биотехнологии, e-mail: nataly-ast@inbox.ru.
- Бирюкова Елена Александровна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент Центра коррекции функционального состояния, e-mail: biotema@rambler.ru.
- Богданова Ольга Дмитриевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: biotema@rambler.ru.
- Богдановская Надежда Васильевна** Запорожский национальный университет, доцент кафедры физической реабилитации, кандидат биологических наук, тел. (0612)20-97-41, e-mail: nadezhdabg@rambler.ru.
- Бурда Виктор Евстафьевич** "Севастопольский винзавод", технический директор.
- Весельский Станислав Павлович** НИИ физиологии им. академика Петра Богача Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, старший научный сотрудник отдела общей физиологии, доктор биологических наук.
- Гамма Татьяна Викторовна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, старший преподаватель кафедры физиологии человека и животных и биофизики, кандидат биологических наук, e-mail: tgamma@ukr.net, тел. (0652)63-06-90.
- Горенко Зоя Анатольевна** НИИ физиологии им. академика Петра Богача Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, научный сотрудник отдела общей физиологии, кандидат биологических наук
- Горная Оксана Ивановна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: gornaaya-o@ukr.net.
- Гусев Алексей Николаевич** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доцент кафедры общей химии, кандидат химических наук, e-mail: galex0330@rambler.ru.

<b>Долгов Михаил Александрович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студент 3-го курса кафедры биохимии, тел (0652) 608250.
<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, e-mail: ilerem@igic.ras.ru
<b>Ёлкина Наталья Маратовна</b>	Крымский факультет Запорожского национального университета, преподаватель кафедры физической культуры спорта и здоровья человека, кандидат биологических наук, e-mail: nataleiolkina@gmail.com.
<b>Зайцев Георгий Павлович</b>	Национальный Институт Винограда и Вина "Магарач", младший научный сотрудник испытательного центра по контролю качества пищевой продукции "Магарач"; тел. (0654)272514, e-mail: gorg-83@mail.
<b>Ивашов Василий Анатольевич</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры биохимии.
<b>Ильичев Александр Григорьевич</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, заведующий лабораторией кафедры психологии, e-mail: am@crimea.com.
<b>Ислямов Руслан Исметович</b>	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, ассистент кафедры медицинской физики и информатики, e-mail: ruslan@csmu.strace.net.
<b>Каздобин Константин Александрович</b>	Институт общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского, д.х.н., заведующий отделом химического и информационного анализа, тел. (044)4243212, e-mail: kazdobin@ionc.kiev.ua.
<b>Калиновский Павел Сергеевич</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, зав. гербарием кафедры ботаники, тел (0652) 608250, e-mail: 060394178@mail.ru.
<b>Карбовская Людмила Сергеевна</b>	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, ассистент кафедры физиологии человека и животных, кандидат биологических наук
<b>Карпушин Николай Александрович</b>	Институт общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского, директор опытного производства СКТЬ ИОНХ им. В.И. Вернадского.
<b>Катюшина Оксана Валериевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: katsea87@mail.ru.

<b>Кацева Галина Николаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, старший преподаватель кафедры физической и аналитической химии.
<b>Кебкал Константин Георгиевич</b>	НИЦ «Государственный океанариум» Украины, начальник управления, кандидат технических наук.
<b>Кискин Михаил Александрович</b>	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: mkiskin@igic.ras.ru.
<b>Колотилова Оксана Ивановна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, младший научный сотрудник кафедры физиологии человека и животных и биофизики, кандидат биологических наук, e-mail: oхy1978@mail.ru.
<b>Конарева Ирина Николаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии, e-mail: viola@crimea.edu, тел.(0652) 440030.
<b>Кондратьева Наталья Львовна</b>	НИЦ «Государственный океанариум» Украины, научный сотрудник по дрессировке морских животных.
<b>Коношенко Светлана Владимировна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биохимии, тел. (0652) 608090.
<b>Коренюк Иван Иванович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tgamma@ukr.net.
<b>Коханенко Виталий Валерьевич</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, выпускник, специалист кафедры физической и аналитической химии, e-mail: koxanenko.vv@mail.ru.
<b>Коханенко Евгений Валерьевич</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант, специалист кафедры физической и аналитической химии, e-mail: koxanenko.ev@mail.ru.
<b>Куличенко Александр Михайлович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных, старший научный сотрудник НИК, тел. (0652) 63-75-56, e-mail: kulichenkoa@mail.ru.
<b>Лысякова Наталья Юрьевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доцент кафедры ботаники, кандидат биологических наук, e-mail: lno@ukr.net.

<b>Макарчук Николай Ефимович</b>	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, профессор, заведующий кафедрой физиологии человека и животных, доктор биологических наук, тел.(044)5213283
<b>Мартынюк Виктор Семенович</b>	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, доцент кафедры биофизики, доктор биологических наук, e-mail: mavis@science-center.net.
<b>Мельниченко Елена Викторовна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры, кандидат биологических наук, тел. (0652) 250755.
<b>Найдич Сергей Иванович</b>	РВУЗ: «Крымский инженерно-педагогический университет», доцент кафедры физического воспитания, кандидат биологических наук, e-mail: tournesi@ Rambler.ru
<b>Никипелова Елена Михайловна</b>	УкрНИИ медицинской реабилитации и курортологии Украины, руководитель государственного центра стандартизации и контроля качества природных и приформированных средств, кандидат химических наук.
<b>Никольская Виктория Александровна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского доцент кафедры биохимии, кандидат биологических наук, тел.(0652) 608090, e-mail: aphanisomenon@mail.ru.
<b>Овсиенко Надежда Анатольевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кафедра физической и аналитической химии, студентка 5-го курса.
<b>Павленко Владимир Борисович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: pavlenkovb@crimea.edu.
<b>Панов Денис Александрович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кафедра физической и аналитической химии, кандидат химических наук, старший преподаватель, e-mail: mendes@inbox.ru.
<b>Панова Элеонора Павловна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доцент кафедры физической и аналитической химии, кандидат химических наук, тел. (0652) 608497, e-mail: mendes@inbox.ru.
<b>Пархоменко Александр Иванович</b>	Крымский медицинский университет им. С.И.Георгиевского, доцент кафедры ЛФК, спортивной медицины и физиотерапии с курсом физического воспитания, кандидат биологических наук.
<b>Першина Екатерина Дмитриевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, доцент кафедры физической и аналитической химии, e-mail: katherinepersh@gmail.com.



<b>Погодина Светлана Владимировна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, заведующая кафедрой спорта, кандидат биологических наук, доцент, тел. (0652) 258103, e-mail: sveta_pogodina@mail.ru.
<b>Редька Олена Георгіївна</b>	Миколаївський державний університет ім. В.О. Сухомлинського, аспірант кафедри теорії і методики фізичного виховання та здоров'я людини, e-mail: elena2008ukr@mail.ru.
<b>Резник Елизавета Петровна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры зоологии, тел. (0652) 608165.
<b>Сепидех Парчами Газас Мехди</b>	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, бывшая аспирантка кафедры физиологии человека и животных, кандидат биологических наук.
<b>Симагина Наталья Олеговна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доцент кафедры ботаники, кандидат биологических наук, e-mail: lno@ukr.net
<b>Соболев Валерий Иванович</b>	Донецкий национальный университет, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии человека и животных, тел.(062)3357529, e-mail: sobolev@dongu.Donetsk.ua.
<b>Станишевская Татьяна Ивановна</b>	Мелитопольский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент.
<b>Тарабрина Наталья Юрьевна</b>	Крымский юридический институт НЮАУ им. Я.Мудрого, аспирант кафедры медико-биологических основ ФК, старший преподаватель, e-mail: tarabrina08@mail.ru.
<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 Лариса Павловна</b>	Крымский институт информационно-полиграфических технологий Украинской Академии печати, Старший преподаватель кафедры полиграфических технологий.
<b>Фокина Юлия Олеговна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652) 63-75-56, e-mail: fokina1985@mail.ru.
<b>Хусаинов Денис Рашидович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tgamma@ukr.net.
<b>Черетаев Игорь Владимирович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: 5612178@ukr.net.

<b>Чечина Ольга Николаевна</b>	НИЦ «Государственный океанариум» Украины, ведущий научный сотрудник, e-mail: chechina0001@mail.ru.
<b>Чуян Елена Николаевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, первый проректор, e-mail: elena-chuyan@ Rambler.ru.
<b>Шейх-Заде Мамет - Исмет</b>	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», доцент кафедры трудового обучения, кандидат физико-математических наук, e-mail: csepu@gala.net.
<b>Шульгин Виктор Федорович</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии, e-mail: vshul@crimea.edu.
<b>Шушуа Илиас</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студент-магистрант кафедры биохимии.
<b>Юферев Владимир Сергеевич</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры спорта, преподаватель кафедры спорта, тел. (0652) 258103, e-mail: yuvser@live.ru.
<b>Яковшин Леонид Александрович</b>	Севастопольский национальный технический университет, доцент кафедры физики (цикл химии), кандидат химических наук, тел. (0692)435106, e-mail: chemsevntu@ Rambler.ru.
<b>Янчук Петр Иванович</b>	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры физиологии человека и животных, зав. научно-исследовательской лаборатории биологического факультета, тел. (044)5260327, e-mail: Yanchuk49@ukr.net.
<b>Ярмолюк Наталья Сергеевна</b>	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: nat_yarm@mail.ru.

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Алпеева А.В.**

РОЛЬ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, БОЛЕЮЩИХ ЧАСТЫМИ ПРОСТУДНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ.....3

**Астапенко Н.А.**

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОДОВ *CERHALANTHERA DAMASONIUM* (MILL.) DRUCE. (ORCHIDACEAE JUSS.) В СВЯЗИ С ПРОБЛЕМОЙ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН .....9

**Бирюкова Е.А., Чуюн Е.Н., Богданова О.Д.**

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ИСПЫТУЕМЫХ В ВОСТАНОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ ВЕЛОЭРГОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОБЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО ДЫХАНИЯ С ИНДИВИДУАЛЬНО ПОДОБРАННОЙ ЧАСТОТОЙ ..... 14

**Богдановська Н.В.**

СТАТЕВІ ВІДМІННОСТІ У СТАНІ СИСТЕМИ СИНТЕЗУ ОКСИДУ АЗОТУ У ЗДОРОВИХ МОЛОДИХ ЛЮДЕЙ ВІКОМ 18-20 РОКІВ .....25

**Колотилова О.И., Яковитшин Л.А., Коренюк И.И., Гришковец В.И., Катюшина О.В.**

ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С КОФЕИНОМ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ .....32

**Конарева И.Н.**

ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ И ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ФОНА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОСЛУШИВАНИЯ МУЗЫКИ .....40

**Коношенко С.В., Шушуа Илиас, Ивашов В.А., Ёлкина Н.М.**

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭРИТРОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА ПРИ КАРДИОМИОПАТИИ .....48

**Куличенко А.М., Павленко В.Б., Фокина Ю.О., Ильичев А.Г.**

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ХРОНИЧЕСКОЙ ВНЕКЛЕТОЧНОЙ РЕГИСТРАЦИИ НЕЙРОННОЙ АКТИВНОСТИ У СВОБОДНОПОДВИЖНЫХ ЖИВОТНЫХ .....52

**Лысякова Н.Ю., Симагина Н.О.**

СТРУКТУРА ЖЕЛЕЗИСТОГО АППАРАТА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PELARGONIUM* L.....58

**Мартынюк В.С., Ислямов Р.И.**

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ ПОВЕДЕНИЯ ЖИВОТНЫХ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ СЛАБОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ КРАЙНЕ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ. ....65

<b>Мельниченко Е.В., Тарабрина Н.Ю., Пархоменко А.И.</b> ВЕСТИБУЛЯРНЫЕ РЕАКЦИИ СЕРДЕЧНОСОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ИХ КОРРЕКЦИЯ У СПОРТСМЕНОВ .....	74
<b>Найдич С.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ $P_A\text{CO}_2$ ВО ВРЕМЯ ИНТЕНСИВНОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	80
<b>Никольская В.А.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ МОДИФИКАЦИИ БЕЛКОВ И УРОВНЯ МОЛЕКУЛ СРЕДНЕЙ МАССЫ У БОЛЬНЫХ С НАДПОЧЕЧНИКОВОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ, СОПРОВОЖДАЮЩЕЙСЯ ГИПЕРИНСУЛИНЕМИЕЙ.....	84
<b>Погодина С.В.</b> О ЧАСТНОМ СЛУЧАЕ ТОЛЕРАНТНОСТИ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ ПРИ ИЗМЕНЕННОМ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОНТРАЦЕПТИВОВ ОТНОШЕНИИ ГОНАДЫ-НАДПОЧЕЧНИКИ .....	91
<b>Резник Е.П., Калиновский П.С., Долгов М.А.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЛИЗИ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ <i>HELIX ALBESCENS</i> И <i>EOBANIA VERMICULATA</i> .....	96
<b>Редька О.Г.</b> ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИНИКНЕННЯ СТРУКТУРНО – ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗМІН В СИСТЕМІ АДЕНОГІПОФІЗ – ЩИТОПОДІБНА ЗАЛОЗА ПРИ ДІЇ НА ОРГАНІЗМ ХЛОРФЕНОКСІГЕРБИЦИДУ 2,4Д .....	100
<b>Станишевская Т.И., Соболев В.И.</b> ХАРАКТЕРИСТИКА УРОВНЯ ОСНОВНОГО ОБМЕНА У БЕЛЫХ КРЫС ЗА ПРЕДЕЛАМИ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ НОРМЫ ЦИРКУЛИРУЮЩЕГО ТРИЙОДТИРОНИНА .....	105
<b>Черетаев И.В., Хусаинов Д.Р., Коренюк И.И.</b> ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТОВ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЁ СОЛЕЙ НА НЕЙРОНЫ УЛИТКИ ОТ СОСТОЯНИЯ КАЛЬЦИЕВОЙ СИСТЕМЫ.....	113
<b>Чечина О.Н., Кебкэл К.Г., Кондратьева Н.Л.</b> АКУСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МАТЕРИ И ДЕТЕНЬША ДЕЛЬФИНА АФАЛИНА ( <i>TURSIOPS TRUNCATUS PONTICUS BARABASCH</i> ) В РАННЕМ ОНТОГЕНЕЗЕ В УСЛОВИЯХ ОКЕАНАРИУМА.....	119
<b>Чуян Е.Н., Горная О.И.</b> ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ У КРЫС С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ В УСЛОВИЯХ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ХРОНИЧЕСКОГО ГИПОКИНЕТИЧЕСКОГО И БОЛЕВОГО СТРЕССОВ .....	128
<b>Юферев В.С</b> ДЫХАТЕЛЬНЫЙ РИТМ, КАК ОДИН ИЗ БИОРИТМОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ СПОРТСМЕНОВ В РАЗЛИЧНЫХ ФАЗАХ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА .....	142

<b>Янчук П.И., Макаручук Н.Е., Весельский С.П., Горенко З.А, Карбовская Л.С., Сепидех Парчами Газе Мехди</b> ВЛИЯНИЕ ВАЗОПРЕССИНА НА КИСЛОРОДНЫЙ БАЛАНС, ТЕПЛО- И ЖЕЛЧЕОБРАЗОВАНИЕ В ПЕЧЕНИ.....	150
<b>Ярмолюк Н.С.</b> ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХНИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ ГОЛОВНОГО КОНЦА ПЛАНАРИЙ <i>DUGESIA TIGRINA</i> .....	159
<b>ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ</b>	
<b>Гусев А.Н., Еременко И.Л., Кискин М.А., Шутьгин В.Ф.</b> МОЛЕКУЛЯРНОЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОМПЛЕКСА КАДМИЯ С 3-(ПИРИДИН-2-ИЛ)-5-(2-САЛИЦИЛИДЕНИМИНОФЕНИЛ)- 1Н-1,2,4-ТРИАЗОЛОМ .....	166
<b>Зайцев Г.П.</b> ПРЕПАРАТИВНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ ЛОМОНОСА ВИНОГРАДОЛИСТНОГО С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ, КОМБИНИРОВАННОЙ ДЕТЕКТОРОМ ПО СВЕТОРАССЕИВАНИЮ.....	172
<b>Коханенко Е.В., Коханенко В.В., Першина Е.Д., Карпушин Н.А., Каздобин К.А.</b> ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ И ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА ПРИРОДНОГО АЛЮМОСИЛИКАТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ФОСФАТ – ИОНАМИ .....	177
<b>Никипелова Е.М.</b> РОЛЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ИЛОВЫХ ПЕЛЛОИДНЫХ СИСТЕМ ПРИ ИХ БАЛЬНЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ .....	188
<b>Овсиенко Н.А., Аристова Н.И., Панов Д.А., Зайцев Г.П.</b> ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЯГОД ВИНОГРАДА В ПРОЦЕССЕ СОЗРЕВАНИЯ .....	201
<b>Панова Э.П., Кацева Г.Н., Бурда В.Е.</b> ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВИНОГРАДНОГО СУСЛА .....	208
<b>Федоренко А.А., Першина Е.Д., Федоренко Л.П.</b> СИНТЕЗ СУЛЬФАТА ТИТАНА(III) В СЕРНОКИСЛОТНЫХ РАСТВОРАХ.....	218
<b>Шейх–Заде М.И.</b> ОЦЕНКА ЭНЕРГИИ ДИМЕРИЗАЦИИ АНТРАНИЛОВОЙ КИСЛОТЫ.....	224
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....</b>	229
<b>СОДЕРЖАНИЕ .....</b>	235