

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**

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

**Научный журнал**

**Том 2 (68), № 1**

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

**Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского  
Симферополь, 2016**

Печатается по решению Ученого совета Крымского федерального  
университета имени В. И. Вернадского, протокол № 3 от 28 марта 2016 г.

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

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

**Раздел «Биология»:**

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

**Раздел «Химия»:**

10. Гришковец Владимир Иванович, д. х. н., проф. (редактор раздела «Химия»)
11. Гусев Алексей Николаевич, к. х. н., доц.
12. Еременко Игорь Леонидович, академик РАН
13. Земляков Александр Евгеньевич, д. х. н., проф.
14. Новоторцев Владимир Михайлович, академик РАН
15. Панюшкин Виктор Терентьевич, д. х. н., проф.
16. Федоренко Александр Михайлович, д. х. н., проф.
17. Шульгин Виктор Федорович, д. х. н., проф.

Подписано в печать 30.03.2016. Формат 70x100 1/16  
30 усл. п. л. Заказ № НП/17

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

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

Биология, химия. Том 2 (68). 2016. № 1. С. 3–13.

**УДК 612.65: 591.15**

## **ВЛИЯНИЕ УЧАСТИЯ РОДИТЕЛЕЙ В РАННЕМ ОБЩЕМ ОБРАЗОВАНИИ ДЕТЕЙ НА РАЗВИТИЕ ЭЭГ/ЭМГ ПРИЗНАКОВ МУЗЫКАЛЬНО-ИСПОЛНИТЕЛЬСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ**

*Базанова О. М.<sup>1</sup>, Кондратенко А. В.<sup>2</sup>, Петренко Т. И.<sup>3</sup>, Малисова Д. В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*ГРФБУ "Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной  
медицины", Новосибирск, Россия,*

<sup>2</sup>*Македонская государственная филармония, Скопье, Македония*

<sup>3</sup>*Московский государственный институт музыки имени А. Г. Шнитке*

*E-mail: bazanovaom@physiol.ru*

Известны успешные результаты вовлечения родителей в раннее музыкальное образование детей. Однако не ясно, влияет ли вовлечение родителей в общее раннее образование детей на проявление музыкальных способностей и формирование соответствующего нейрофизиологического паттерна. Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) и электромиограмму (ЭМГ) регистрировали у 43 учащихся музыкального колледжа 14–16 лет. Музыкально-исполнительские способности оценивались учителями по 1–10 бальной шкале. Родители подростков представили самоотчеты о количестве времени, потраченного на занятия с детьми в раннем (до 3-х лет) возрасте. Педагоги провели рейтинг музыкальных способностей учеников. Наиболее высокий уровень эффективности движения пальцев рассчитанный по соотношению мощности альфа-2 ЭЭГ/ЭМГ, выявлен у подростков, чьи родители в наибольшей степени были вовлечены в общее раннее образование детей.

**Ключевые слова:** музыкально-исполнительские способности, родители, раннее образование, ЭЭГ, ЭМГ.

### **ВВЕДЕНИЕ**

"Parents who have smiling faces have children who have smiling faces." - Dr.  
Shinichi Suzuki

Одной из базовых целей нейронауки является установление взаимосвязи и взаимозависимости трех факторов: гены, индивидуальное развитие и индивидуальный опыт. [1] Особую роль эти взаимодействия играют в наиболее сенситивном периоде жизни человека – от 0 до 3 лет Конрад Лоренц предложил называть этот период «периодом запечатлевания» или imprinting period. [2]. Термин «Запечатление» в традиционной психологии употребляется в смысле фиксации определённой информации в памяти. На ранних этапах развития мозг обладает способностью быстрого роста неспецифических связей между нейронами и поэтому вся информация, поступающая в мозг моментально «запечатляется», как фотографии в памяти фотокамеры. Такой период раннего запечатления или

импринтинга (imprinting period) у человека начинается уже на 20–25 день внутриутробного развития и заканчивается к 3–4 годам [3]. Согласно теории Хорна в нервной системе имеется так называемый врождённый механизм «высвобождения» скрытых задатков способностей [4]. Чтобы привести этот механизм в действие, мозгу на ранних стадиях развития необходимы полимодальные сенсорные раздражители (зрительные, обонятельные, тактильные или иные), осуществляющие свою активность эпигенетически, то есть влияя на экспрессию генов [5]. Недостаток же сенсорного притока, прежде всего звукового, в процессе пре- и постнатального развития, оказывает тормозящее влияние на развитие мозга ребёнка. [6] и является основным фактором функциональной незрелости, например, при синдроме дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) [7]. Необходимо заметить, что знания, полученные в этот период, ребенок не обязательно актуализирует немедленно. [8].

Раннее начало или импринтинг является основой всемирно-известного «Сузуки-метода» обучения малышей музыке, эффективность которого для развития музыкальных и общих интеллектуальных способностей доказана на примере опыта многочисленных студий-Сузуки по всему миру [8]. Мета-анализ литературы последних лет показал, что занятия музыкой развивают не только музыкальные способности, но и грамотность, общий и пространственный интеллект [9, 10]. как следствие тренинга тонкой моторики пальцев и слухо-моторной перцепции, увеличивающих нейропластичность и развивающих сенсомоторную интеграцию [11]. Однако пока в литературе не освещен вопрос, предполагает ли раннее развитие языковых и/или математических способностей достижение успеха в музыкальной сфере? А также – будет ли вовлечение родителей в общее образование детей также эффективно для развития музыкально-исполнительских способностей, как вовлечение родителей в занятия музыкой [12]?

В большинстве психолого-педагогических исследованиях измерение музыкально-исполнительской способностей, проводится на основании только экспертных оценок. Между тем, еще со времен специальных исследований Н.А. Бернштейна известно, что наиболее ловким, а значит, и эффективным будет то движение, которое требует наименьшего числа степеней свободы, которое осуществляется практически «автоматически». Как можно измерить эту психомоторную эффективность? Несколько лет назад было предложено измерение способности к тонкой моторике пальцев по изменению соотношения мощности ЭЭГ в индивидуально - высокочастотном альфа-диапазоне к изменению ЭМГ мощности тонуса мышц лба во время выполнения исполнительского движения пальцами [13–15]. Мощность альфа-волн в индивидуальном альфа-2 диапазоне – известный маркер торможения невалидной мозговой активации при обработке информации, а потому нейрональной эффективности [16, 17]: чем выше мощность альфа-2 волн, тем выше когнитивная или психомоторная эффективность. В то же время психоэмоциональное напряжение сопряжено с увеличением тонуса мышц лба [18, 19]. При снижении этого тонуса снижается избыточная активация и освободившиеся степени свободы могут быть использованы для повышения эффективности движения [20]. Таким образом, цель настоящего исследования

изучение эффективности развития музыкально-исполнительских способностей, оцениваемых по соотношению альфа-2/ЭМГ оценки, в зависимости от меры вовлечения родителей в раннее общее образование детей.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью изучения влияния вовлечения родителей в общее образование в раннем возрасте на развитие нейрофизиологических характеристик двигательных музыкально-исполнительских способностей, сравнивали психофизиологические показатели двигательных музыкально-исполнительских способностей в 4 группах подростков 14–16 лет – учащихся музыкального колледжа. Первая группа (12 человек, из них 7 девочек) состояла из подростков, родители которых не были музыкантами и до 7 лет не занимались с детьми ни музыкой, ни общим образованием. Во вторую группу (n=11,5 девочек) вошли подростки, чьи родители также не занимались с детьми музыкой, но с раннего детства их обучали решать головоломки, задачки, изучали иностранный язык и пр. В третьей группе (n=8,5 девочек) были подростки, чьи родители были профессиональными музыкантами, которые не занимались с детьми общим образованием, но среда, в которой рос ребенок, была естественно музыкально-насыщенной. А в четвертую группу (n=9,5 девочек) вошли подростки, которые с пренатального возраста имели опыт слушания классической музыки, родители занимались с ними и математикой, и музыкой, и физкультурой и пр. В младенческом возрасте детям этой четвертой группы матери пели больше колыбельных песен, чем в 1-ой и 3-ей группах ( $t < 0.001$ ). Все дети четвертой группы к моменту поступления в музыкальную школу умели читать, считать и знали основы игры на музыкальном инструменте.

До начала тестирования родители подписывали информированное согласие на участие в эксперименте, заполняли анкет опросники о характере воспитательного процесса, указывая сколько лет и насколько интенсивно они участвовали в музыкальном, художественном, математическом, языковом и физическом развитии своих детей. Вторая группа вопросов касалась достижений их детей в учебе и музыкальном развитии. Кроме того, учителей по музыкальной специальности просили оценить уровень развития музыкально-исполнительских способностей испытуемых подростков по 10 бальной системе по критериям «музыкальность», «техника» и «креативность», проявленные при исполнении музыки [21]

Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) и электромиограмму (ЭМГ) записывали в положении сидя при закрытых (60 с) и открытых (30 с) глазах в состоянии покоя и при выполнении простого моторного теста (Fine motor test [22]), суть которого заключалась в последовательном двукратном касании каждого пальца левой и правой руки по большому пальцу и повторение этих движений по «кругу». При этом испытуемые должны были вести счет сделанных ими «кругов» и допущенных ошибок. По окончании теста испытуемые сообщали полученный ответ и количество допущенных ошибок (если таковые имелись). Затем количество проделанных «кругов» делилось на время, затраченное на выполнение задачи (обычно 60 с при ЗГ и 30 с при ОГ).

Регистрация и анализ ЭМГ осуществлялась через ЭМГ каналы компьютерно-программного устройства БОСЛАБ (Комсиб, Новосибирск, Россия). Электромиограмма регистрировалась параллельно с записью ЭЭГ с помощью двух электромиографических электродов, размещенных биполярно на поверхности кожи над фронтальной мышцей лба. Сигнал ЭМГ фильтровался в диапазоне 10–2000 Гц и оцифровывался с частотой дискретизации 720 Гц. Для определения интегральной мощности ЭМГ был использован традиционный подход.

Регистрация электроэнцефалограммы проводилась в полосе пропускания 0.3-50 Гц с помощью программно-аппаратного комплекса БОСЛАБ (Комсиб, Новосибирск) через монополярное отведение Pz при частоте дискретизации 720 Гц значения импеданса < 10 кОм). Сайт Pz был выбран в связи с тем, что ранее было показано, что измеряемые характеристики  $\alpha$ -ритма наиболее устойчивы и воспроизводимы при регистрации их в теменно-затылочной области [23], в наименьшей степени подвержены фактору асимметрии [24] и потому, что постериальная область коры имеет наибольшую функциональную значимость для процессов сенсомоторной интеграции [25]. В качестве референта использовали объединенный ушной электрод. В анализ включались свободные от артефактов эпохи ЭЭГ и подвергались быстрому преобразованию Фурье (FFT) в полосе 0.3-30 Гц с использованием окна Ханна. Выходные формы анализа формировались с помощью специализированной программы WinEEG (Мицар, Санкт-Петербург), составленной в соответствии с принятыми стандартами анализа сигнала, и представлялись в виде таблиц спектральной мощности ЭЭГ и частоты максимального пика в заданных диапазонах. Границы частотных диапазонов устанавливались индивидуально при сравнении спектров ЭЭГ, зарегистрированных в состоянии закрытых (ЗГ) и открытых (ОГ) глаз после проведения преобразования Фурье. Нижняя граница альфа-1 диапазона соответствует точке TF, а верхняя – точке BF на оси частот, в которых спектральная кривая в состоянии закрытых глаз пересекает спектральную кривую в состоянии открытых глаз [26]. Ширина альфа-1 диапазона рассчитывается от точки TF до частоты максимального альфа-пика, альфа-2 – от частоты максимального пика до точки BF, в которой, аналогично TF, спектральная кривая в состоянии закрытых глаз пересекает спектральную кривую в состоянии открытых глаз [26] (рис.1).

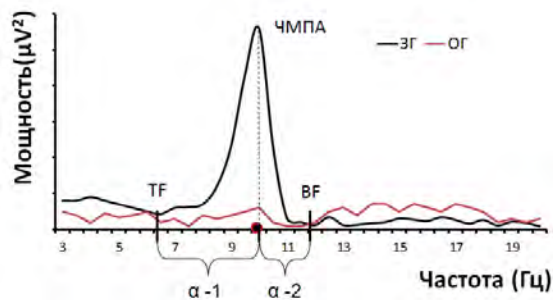


Рис. 1 Спектр мощности ЭЭГ при закрытых (черная линия-ЗГ) и открытых (красная линия ОГ) глазах. Точки BF и TF означают границы альфа-диапазона, в

которых спектральная кривая в состоянии ЗГ пересекает спектральную кривую в состоянии ОГ  $\alpha$ -1 и  $\alpha$ -2 означают нижний и высокий альфа-поддиапазоны.

Эффективность движения пальцев рассчитывалась по соотношению изменения мощности в индивидуальном альфа-2 диапазоне к изменению мощности ЭМГ мышц лба во время движения пальцев рук представлялось в виде  $L_n \% (100 * A_m / A_0) / L_n \% (100 * E_m) / E_0$  где  $A$  – мощность в альфа-2 диапазоне,  $E$  – интегральная мощность ЭМГ,  $0$  и  $m$  – показатели в состоянии покоя и при выполнении движения пальцами.

Статистический анализ проводился с использованием программы STATISTICA for Windows. Двухфакторный дисперсионный анализ проводился по совокупности изучаемых переменных с использованием критерия Фишера. Для сравнения психометрических переменных, имеющих нормальное распределение, использовался t-критерий Стьюдента, для дискретных и процентных величин – непараметрический критерий Вилкоксона (T). Для определения взаимосвязи между психометрическими характеристиками и показателями ЭЭГ и ЭМГ использовался корреляционный анализ с расчетом коэффициента Спирмена.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Неудивительно, что наивысший процент (44,4 %) лауреатов Всероссийских и Международных конкурсов был в группе 4 – подростков, чьи родители занимались интенсивным всесторонним развитием своих детей с момента их рождения, затем в группах 2 и 3 (27,2 и 25 % соответственно) и низший (8,3 %) в группе 1 (рис. 2).

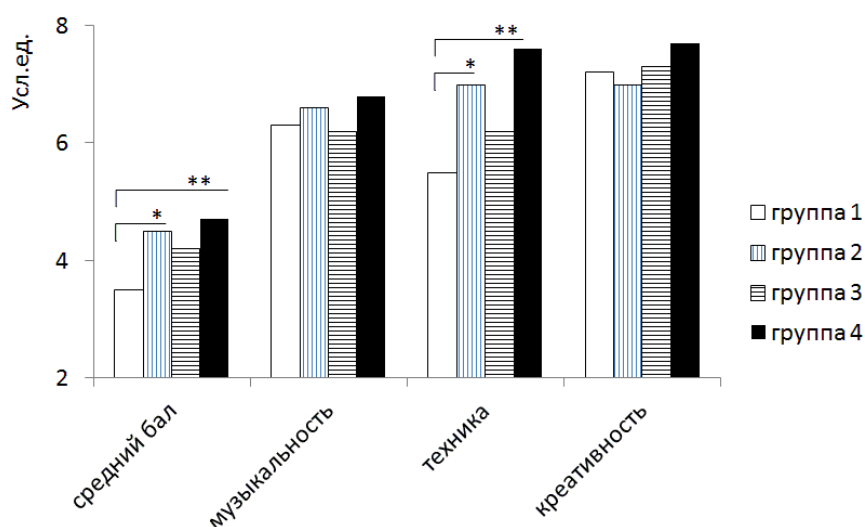


Рис. 2. Сравнение средних, получаемых испытуемыми оценок, данных учителями в общеобразовательной и музыкальной школе. Обозначения: белые столбики – группа 1 (ученики, не получавшие родительского участия в раннем образовании), столбики с голубой вертикальной штриховкой – группа 2 (ученики,

получавшие родительское участие в раннем общем образовании), столбики с вертикальной черной штриховкой – группа 3 (ученики, получавшие родительское участие в раннем музыкальном образовании), черные столбики – группа 4 (ученики, получавшие родительское участие и в раннем музыкальном, и в общем образовании) прямые полускобки, \* и \*\* – различия между группами достоверны соответственно при  $p < 0,05$  и  $p < 0,01$

Экспертные оценки техники (виртуозности) исполнения музыки и средний бал по академической успеваемости были наивысшими в группе 4 ( $F=4,65$ ;  $p < 0,021$ ), ниже в группах 2 и 3 на уровне тенденции ( $p < 0,056$ ), а в группе 1 самым низким ( $t > 5,4$ ;  $p < 0,01$ ), что свидетельствует о значимом вкладе активности родителей на ранних стадиях развития ребенка в дальнейшие его успехи. Отсутствие различий в группах 2 и 3 говорит о том, что не важно, какому музыкальному или общеобразовательному развитию уделяли внимание родители, главное, что они занимались с малышом. Однако музыкальность и креативность, проявленные при исполнении музыки, не отличались в четырех исследуемых группах, что, по-видимому, свидетельствует о вкладе генетической предрасположенности в способности к эмпатии и творчеству.

Корреляционный анализ выявил в общей выборке испытуемых отрицательную взаимосвязь изменений мощности в альфа-1 и 2 диапазонах ЭЭГ и ЭМГ тонуса мышц лба при выполнении движений пальцев ( $r \leq -0,68$ ;  $p \leq 0,0011$ ) (рис. 3) Это свидетельствует о том, что тонкие движения пальцев вызывают неспецифическое увеличение тонуса мышц, даже не участвующих в выполнении движения, что в свою очередь ведет к активации как низкочастотных, так и высокочастотных диапазонов альфа-волн мозга.

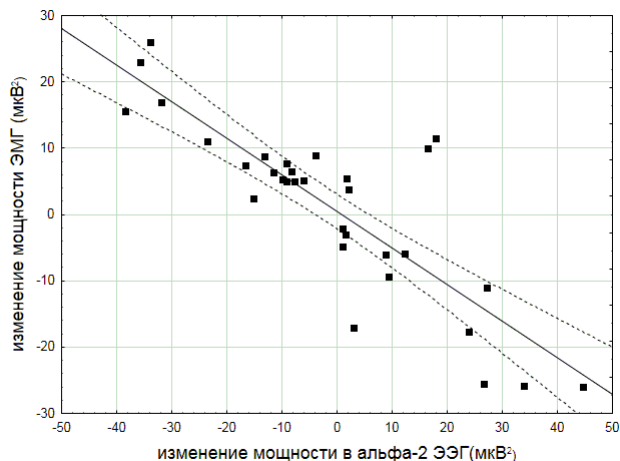


Рис. 3. Результаты корреляционного анализа взаимосвязи между изменениями мощности альфа-2 ЭЭГ и ЭМГ мышц лба при выполнении движения пальцами ( $r = -0,69$ ;  $p = 0,0001$ .)



Интересно, что изменения мощности альфа-1 диапазона ЭЭГ (то есть волн, характеризующих произвольную активацию) при выполнении моторного теста, не отличалась в четырех изучаемых группах ( $p > 0,21$ ), несмотря на наименьшее напряжение мышц лба, поэтому эффективность движения пальцев, рассчитанная по изменению альфа-1 волн не значимо отличалась в изучаемых группах. А отношение альфа-2-ЭЭГ/ЭМГ при выполнении этого теста в группе 2, 3 и 4 выше, чем в группе 1 (рис. 4).

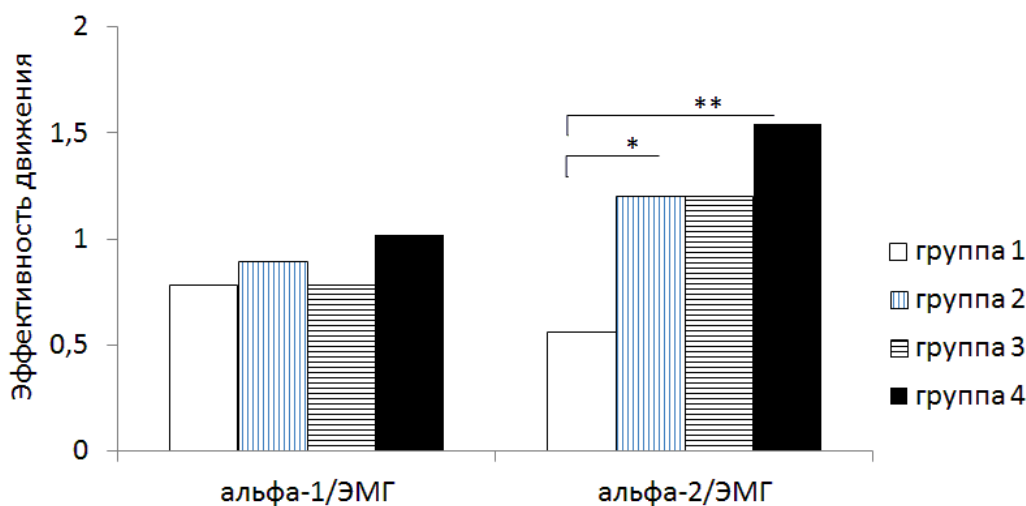


Рис. 4. Коэффициент эффективности движения пальцев, рассчитанный по изменениям мощности в альфа-1 и альфа-2 диапазоне ЭЭГ и ЭМГ тонуса мышц лба. Обозначения те же, что на рисунке 2.

Изменение мощности именно в высокочастотном альфа-2 диапазоне ЭЭГ говорит об однонаправленных изменениях нейрональной и когнитивной эффективности [27]. Отсутствие или ослабление снижения мощности высокочастотных альфа волн в ответ на движение пальцев указывает на торможение избыточной активации у детей, получивших в возрасте импринтинга навыки произвольной саморегуляции, выше, чем у подростков, не получавших должной стимуляции в раннем возрасте. Подтверждением этому факту служат положительные корреляции между, отношением альфа-2/ЭМГ и оценками за технику исполнения музыки, музыкальностью, средним балом по общеобразовательным предметам в общей выборке испытуемых ( $r \geq 0,34$ ;  $p \leq 0,002$ ).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящего исследования ещё раз продемонстрировали что интеллект развивается лучше, если в период импринтинга ребенок получает сенсорно-обогащенный опыт благодаря заботе родителей. При этом впервые было показано, что для развития музыкально-исполнительских способностей важно

получение опыта не только музыкальной, но и общеобразовательной деятельности. Также впервые приведены эмпирически полученные нейрофизиологические доказательства влияния этой ранней «родительской стимуляции» в развитии нейрональной эффективности психомоторной деятельности. Разработанный нами коэффициент эффективности движения пальцев, рассчитанный по соотношению изменения мощности высокочастотных альфа-волн к изменению тонуса мышц лба может быть использован как в качестве прогностического критерия в оценке музыкально-исполнительских способностей, так и в технологии нейробиоуправления для восстановления, тренинга и оптимизации музыкально-исполнительского движения.

*Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ 14-06-00951 а*

#### **Список литературы**

1. Penhune V. B. Sensitive periods in human development: evidence from musical training / V. B Penhune // *Cortex*. – 2011. – 47 (9) – P. 1126.
2. Судаков К. В. Системная организация функций человека: Теоретические аспекты / К. В Судаков // *Успехи физиол. наук*. – 2000. – Т. 31. – № 1. – С. 1–17.
3. Patten M. M. Regulatory links between imprinted genes: evolutionary predictions and consequences / M. M Patten [et al] // *Proc Biol Sci*. – 2016 –Vol. 10 – N 283 – P.1824.
4. Horn G. Visual imprinting and the neural mechanisms of recognition memory / G Horn // *Trends in Neuroscience*. – 1998 – Vol. 21 – P. 300–305.
5. Simeoni U. Epigenetics and neonatal nutrition / U. Simeoni, C. Yzydorczyk, B. Siddeek, M. Benahmed // *Early Hum Dev*. – 2014. – Vol. 90 – P. S23–S24.
6. Klin A. Social visual engagement in infants and toddlers with autism: early developmental transitions and a model of pathogenesis / A. Klin, S. Shultz, W. Jones // *Neurosci Biobehav Rev*. – 2015 – Vol. 50 – P. 189–203.
7. Nudel R. Genome-wide association analyses of child genotype effects and parent-of-origin effects in specific language impairment / R. Nudel, N. H Simpson, G. Baird, A. O'Hare, G. Conti-Ramsden, PF. ER. Bolton, Hennessy; SLI Consortium, S. M Ring, G. Davey Smith, C. Francks, S. Paracchini, A. P. Monaco, S. E. Fisher, D. F. Newbury // *Genes Brain Behav*. – 2014 –Vol 13(4) – P. 418–429.
8. Suzuki Sh. *Nurtured by Love: The Classic Approach to Talent Education*. translated from Japanese to English by Mrs Waltraud Suzuki, with language consultants Mrs Masako Kobayashi and Ms D. Guyver Britton / Sh. Suzuki // 2nd Edition – 1983 – P.75–78.
9. Bus A. G. *Book Reading Makes for Success in Learning to Read: A Meta-Analysis on Intergenerational Transmission of Literacy Review of Educational Research* / A. G. Bus, van M. H. Ijzendoorn // *Joint Spring* – 1995 – Vol. 65 – No. 1 – P.1–21.
10. Gordon R. L. Does Music Training Enhance Literacy Skills? A Meta-Analysis / R. L.Gordon, H. M. Fehd, B. D. McCandliss // *Front Psychol*. – 2015 – Vol 6 – P.1777.
11. Vaquero L. Structural neuroplasticity in expert pianists depends on the age of musical training onset / L.Vaquero, K.Hartmann, P. Ripollés, N. Rojo, J. Sierpowska, C. François, E. Càmarà, van F. T. Vugt, B. Mohammadi, A. Samii, TF. Münte, A. Rodríguez-Fornells, E. Altenmüller // *Neuroimage*. – 2016 – P. 126, 106.
12. Carolan M. Experiences of pregnant women attending a lullaby programme in Limerick, Ireland: a qualitative study / M. Carolan, M. Barry, M. Gamble, K. Turner, O. Mascareñas // *Midwifery* – 2012. – Jun;28. – Vol 3 – P. 321–328.
13. Базанова О. М. Возможность электроэнцефалографических методов диагностики музыкальных способностей / О. М. Базанова // *Биоуправление. Теория и практика-4* – 2002 – С.361–365.
14. Bazanova O. M. EEG-EMG Dimensionality of the musical performance / O. M. Bazanova, A. V. Gvozdev, F. A. Mursin, E. G. Verevkin, M. B. Shtark // *Cognitive processing* – 2003 – Vol. 4 – N. 3 – P. 33–47.

15. Bazanova O. M. Alpha EEG/EMG ratio while the finger movement as an index of musical performance ability / O. M. Bazanova, V. V. Balalov, G. I. Fazulzianova, E. D. Nikolenko, T. I. Petrenko // ESCOM Conference, at RNCM Manchester – 17–22 Aug 2015 (European Society for Cognitive Sciences of Music).
16. Babiloni C. “Neural efficiency” of experts’ brain during judgment of actions: a high-resolution EEG study in elite and amateur karate athletes. / C. Babiloni, N. Marzano, F. Infarinato, M. Iacoboni, G. Rizza, P. Aschieri // *Babiloni C Behav. Brain Res.* – 2010 – V. 207 – P. 466–475.
17. Klimesch W. EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis / W. Klimesch, P. Sauseng, S. Hanslmayr // *Brain Res. Rev.* – 2007. – V. 53 – P. 63–88.
18. Wittrock D. A. The comparison of individuals with tension-type headache and headache-free controls on frontal EMG levels: a meta-analysis / D. A. Wittrock // *Headache* – 1997 – 37 – N.7 – P. 424.
19. Wijsman J. Towards mental stress detection using wearable physiological sensors / J. Wijsman., B. Grundlehner, H. Liu., H. Hermens, J. Penders // *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* – 2011 – P. 1798–1801.
20. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н. А. Бернштейн // *М.* – 1966 – С. 347.
21. Law Lily N. C. Assessing Musical Abilities Objectively: Construction and Validation of the Profile of Music Perception Skills *PLoS One* / N. C. Law Lily, M. Zentner – 2012 – V.7(12): – e52508
22. Cambridge-Keeling C. A. Range-of-motion measurement of the hand. In: Mackin E. J, Callahan A. D., Skirven T. M., Schneider L. H., *Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity.* Mosby; 2002. – P. 169–182.
23. Базанова О. М. Вариабельность и воспроизводимость индивидуальной частоты максимального пика в различных экспериментальных условиях / О. М. Базанова // *Журнал Выс. нервн. деят. им П. И. Павлова* – 2010 – том 60, № 6 – С. 767–776.
24. Hooper G. S. Comparison of the distributions of classical and adaptively aligned EEG power spectra. / G. S Hooper // *Int. J. Psychophysiol.* – 2005 – V. 55(2) – P. 179–189.
25. Teixeira S. Integrative parietal cortex processes: neurological and psychiatric aspects / S Teixeira, S. Machado, B. Velasques., A. Sanfim, D. Minc., C. Peressutti., J. Bittencourt., H. Budde., M. Cagy, R. Anghinah., L. F. Basile, R. Piedade, P. Ribeiro, C. Diniz, C. Cartier, M. Gongora, F. Silva, F. Manaia, G. Silva // *J Neurol Sci.* – 2014 – Mar 15 – V. 338(1-2) – P. 12–22.
26. Базанова О. М. Индивидуальные показатели альфа-активности электроэнцефалограммы и невербальная креативность / О. М. Базанова, Л. И. Афтанас // *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова.* – 2007 – V. 93 – № 1. – С. 14.
27. Neuper C. ERD/ERS patterns reflecting sensorimotor activation and deactivation / C. Neuper, M. Wörtz, G. Pfurtscheller // *Prog Brain Res* – 2006 – V. 159 – P. 211.

## THE ROLE OF PARENTING IN EARLY COMMON EDUCATION FOR MUSIC PERFORMANCE ABILITIES EEG PATTERN DEVELOPMENT IN ADOLESCENTS

*Bazanova O. M.<sup>1</sup>, Kondratenko A. V.<sup>2</sup>, Petrenko T. I.<sup>3</sup>, Malisova D. V.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Federal State Scientific Budgetary Institution “Scientific Research Institute of Physiology & Basic Medicine”*

<sup>2</sup>*Macedonian Philharmony, Skopje, The former Yugoslav Republic of Macedonia,*

<sup>3</sup>*Schnittke Moscow State Institute of Music, Russia*

*E-mail: bazanovaom@physiol.ru*

### Background

There are few important factors involved in musical talent development. First – a child must be endowed with inherited neurophysiological traits of talent and musical education should start earlier than 3 years old. Equally important is parental involvement (PI) in children’s education that benefits children’s learning and school success. There are

known children's success in music performance due PI in early children's musical education.

#### Aim

We aimed to evaluate whether involving parents in early common education benefits adolescent outcomes in music performance too and is associated with higher level of neurophysiological EEG/EMG predictors of musical abilities (EPMA).

#### Methods

Forty three teenagers – musicians (14–16 years old) were rated in 1–10 scale for 9 kinds of musical abilities including musicality, performing technique, rhythm, attitude, empathy, intonation and creativity. PI in musical and common education was estimated by parental self reports. All students were divided in four groups according to PI in early education (1- no PI, 2 – PI in musical education, 3-PI in common early education and 4 – both PI in musical and common early education) involvement of EEG and EMG were recorded at rest and during finger movement conditions with closed and open eyes.

#### Results

The most successful young musicians (laureates of International competitions) had parents who were the most highly involved in both common and musical education in the earliest stages of learning (from infancy). Music performance abilities and EEG/EMG pattern predicting musical ability were equal in students having common and musical PI in early education (groups 2 and 3). These successful music learners in 74% of our cases had parents who were involved with music themselves. EMPAs for all kind of musical abilities positively associated with power of individual upper alpha range in rest condition ( $r = .55$ ) and negatively with alpha amplitude suppression in response to finger movement ( $r = -.43$ ). These EMPAs are correlated with age, duration of musical experience, parental engagement in musical and common early education. The EEG-predictor of Musical creativity included the alpha band width and had no correlation with age or parental engagement in non-music non-mathematical education.

#### Conclusions

It was concluded that development of such musical abilities as performing technique, rhythm, attitude, musical empathy and pitch is associated with parental engagement in children early education, while musical creativity is not.

**Keywords:** music performance abilities, parents, early education, EEG, EMG.

#### References

1. Penhune V. B. Sensitive periods in human development: evidence from musical training. *Cortex*. **47** (9), 1126, (2011).
2. Sudakov K. V. System organization functions of the person: Theoretical aspects. *The successes of physiology sciences*. **31**, № 1, 1–17 (2000).
3. Patten M. M. et al Regulatory links between imprinted genes: evolutionary predictions and consequences. *Proc Biol Sci*. **10**, N 283,1824 (2016)
4. Horn G. Visual imprinting and the neural mechanisms of recognition memory. *Trends in Neuroscience*. **21**, 300–305 (1998).
5. Simeoni U., Zyzdorczyk C., Siddeek B., Benahmed M. Epigenetics and neonatal nutrition. *Early Hum Dev.*, 90, Suppl 2, 23–24 (2014).
6. Klin A., Shultz S., Jones W. Social visual engagement in infants and toddlers with autism: early developmental transitions and a model of pathogenesis. *Neurosci Biobehav Rev*. **50**, 189–203 (2015).

7. Nudel R., Simpson N. H., Baird G., O'Hare A., Conti-Ramsden G, Bolton PF, Hennessy ER; SLI Consortium, Ring S. M., Davey Smith G., Francks C., Paracchini S., Monaco A. P., Fisher S. E., Newbury D. F. Genome-wide association analyses of child genotype effects and parent-of-origin effects in specific language impairment. *Genes Brain Behav.* **13**(4), 418-29 (2014).
8. Suzuki Shinichi Nurtured by Love: The Classic Approach to Talent Education. Translated from Japanese to English by Mrs Waltraud Suzuki, with language consultants Mrs Masako Kobayashi and Ms D. Guyver Britton), *2nd Edition.* (1983).
9. Bus A G., van I Jzendoorn M.H. Joint Book Reading Makes for Success in Learning to Read: *A Meta-Analysis on Intergenerational Transmission of Literacy Review of Educational Research.* **65**, 1-21 (1995).
10. Gordon RL, Fehd HM, McCandliss BD. Does Music Training Enhance Literacy Skills? *A Meta-Analysis. Front Psychol.* **6**, 1777 (2015).
11. Vaquero L, Hartmann K, Ripollés P, Rojo N, Sierpowska J, François C, Càmara E, van Vugt FT, Mohammadi B, Samii A, Münte TF, Rodríguez-Fornells A, Altenmüller E. Structural neuroplasticity in expert pianists depends on the age of musical training onset. *Neuroimage.*, **126**, 106 (2016).
12. Carolan M., Barry M., Gamble M, Turner K., Mascareñas O. Experiences of pregnant women attending a lullaby programme in Limerick. *Ireland: a qualitative study.Midwifery.*, **3**, 321 (2012).
13. Bazanova O. M. Possibility of electroencephalographic methods for musical abilities prediction. *Biofeedback. Theory and practice,* **4**, 361–365 (2002).
14. Bazanova O. M., Gvozdev A. V., Mursin F. A., Verevkin E. G. and Shtark M. B EEG-EMG Dimensionality of the musical performance. *Cognitive processing.* **4**, N. 3, 33–47 (2003).
15. Bazanova O.M., Balalov V.V., Fazulzianova, G.I., Nikolenko E.D., Petrenko T.I. Alpha EEG/EMG ratio while the finger movement as an index of musical performance ability *ESCOM 2015 Conference, at RNCM Manchester (European Society for Cognitive Sciences of Music)* (2015)
16. Babiloni C., Marzano N., Infarinato F., Iacoboni M., Rizza G., Aschieri P., et al. . “Neural efficiency” of experts’ brain during judgment of actions: a high-resolution EEG study in elite and amateur karate athletes. *Behav. Brain Res.* **207**, 466–475 (2010).
17. Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis. *Brain Res. Rev.* **53**, 63–88 (2007).
18. Wittrock DA. The comparison of individuals with tension-type headache and headache-free controls on frontal EMG levels: a meta-analysis. *Headache.* **37**, N.7, 424 (1997).
19. Wijsman J., Grundlehner B., Liu H., Hermens H., Penders J. Towards mental stress detection using wearable physiological sensors. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 1798–1801 (2011).
20. Bernstein N. A. "Essays on physiology of movements and physiology of activity", M., (1966).
21. Law Lily N. C. and Zentner M. Assessing Musical Abilities Objectively. *Construction and Validation of the Profile of Music Perception Skills PLoS One.* **7**(12), e525089 (2012).
22. Cambridge-Keeling C. A. Range-of-motion measurement of the hand. In: Mackin E. J., Callahan A. D., Skirven T. M., Schneider L. H, editors. *Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity.* Mosby. 169–182 (2002).
23. Bazanova O. M. Individual Alpha Peak Frequency Variability and Reproducibility in Various Experimental Conditions, *Zh Vyssh Nerv Deiat im IP Pavlova.* **61**, No. 1, 102-111 (2011).
24. Hooper G.S Comparison of the distributions of classical and adaptively aligned EEG power spectra // *Int. J. Psychophysiol.* **55**(2): 179–189 (2005).
25. Teixeira S. Integrative parietal cortex processes: neurological and psychiatric aspects Machado S., Velasques B., Sanfim A, Minc D., Peressutti C., Bittencourt J., Budde H., Cagy M., Anghinah R., Basile L.F., Piedade R., Ribeiro P., Diniz C., Cartier C., Gongora M., Silva F., Manaia F., Silva JG. *Neurol Sci.* **338**(1–2), 12–22 (2014).
26. Bazanova O. M., Aftanas L.I. Individual measures of electroencephalogram alfa activity and non-verbal creativity. *Neurosci Behav Physiol.* **38**, 3, 227 (2008).
27. Neuper C., Wörtz M., Pfürtscheller G. ERD/ERS patterns reflecting sensorimotor activation and deactivation. *Prog Brain Res.*, **159**, 211 (2006).

**УДК 577.112:612**

## **ПОКАЗАТЕЛИ ЭРИТРОЦИТОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ИХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИ ОТДЕЛЬНЫХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ**

*Елкина Н. М.<sup>1</sup>, Казакова В. В.<sup>1</sup>, Загноенко Н. Е.<sup>1</sup>, Коношенко С. В.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

*<sup>2</sup>Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: nataleiolkina@gmail.com*

Показано, что при отдельных сердечно-сосудистых заболеваниях (ишемическая болезнь сердца, дилатационная кардиомиопатия) и гематологических заболеваниях (эритремия, апластическая анемия, железodefицитная анемия) в эритроцитах возрастает активность глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы и глутатионредуктазы.

Повышение активности ферментов, занятых в поддержании восстановительного потенциала клеток сочетается с уменьшением содержания в эритроцитах низкомолекулярных нитрозотиолов, что свидетельствует о возможности высвобождения определенной части глутатиона из процессов нитрозилирования и более эффективного его использования в восстановительных реакциях.

**Ключевые слова:** эритроциты, глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназа, глутатионредуктаза, низкомолекулярные нитрозотиолы, глутатион, сердечно-сосудистые и гематологические заболевания.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение биохимических изменений в организме человека при различных заболеваниях и патологических состояниях является одной из задач современной медицины и биологии. Известно, что в условиях патологии нарушается прооксидантно-антиоксидантное равновесие, развивается окислительный и нитрозативный стресс, обусловленный, главным образом, более интенсивным генерированием активных форм кислорода (АФК) и азота, оказывающих на клеточные и молекулярные системы деструктивное воздействие [1–3]. Имеются данные, свидетельствующие о том, что при некоторых заболеваниях подобные процессы осуществляются и в эритроцитах: усиливается образование АФК, интенсифицируются реакции перекисидации липидов и окислительной модификации протеинов, изменяется протеиновый спектр эритроцитарной мембраны [4–7].

Учитывая это, представляется целесообразным выяснение молекулярных механизмов защиты эритроцитов от проявлений окислительного и нитрозативного стресса, в частности, изучение процессов, связанных с формированием их восстановительного потенциала.

В связи с этим, целью настоящей работы являлось изучение активности глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы и глутатионредуктазы, а также образования низкомолекулярных нитрозотиолов в эритроцитах при отдельных гематологических и сердечно-сосудистых заболеваниях.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Материалом для исследований служили эритроциты практически здоровых людей (контрольная группа – 25 человек, средний возраст 39,0 лет), а также больных дилатационной кардиомиопатией (20 человек, средний возраст 49,5 лет), ишемической болезнью сердца (25 человек, средний возраст 50,0 лет), эритремией (9 человек, средний возраст 60,0 лет), апластической анемией (11 человек, средний возраст 56,0 лет) и железодефицитной анемией (9 человек, средний возраст 49,0 лет).

Кровь практически здоровых людей брали на станции переливания крови г. Симферополя, кровь больных – на базе Крымского онкологического центра и 7-й горбольницы г. Симферополя.

Кровь больных брали при поступлении в стационар, перед началом лечения.

Эритроциты гемолизировали, добавляя равный объем дистиллированной воды [8]. В гемолизатах эритроцитов определяли активность глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы [9] и глутатионредуктазы [10], а также содержание низкомолекулярных нитрозотиолов [11], используя спектрофотометрические методы количественного анализа.

Полученные данные обрабатывали статистически с применением t-критерия Стьюдента.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Как известно из литературы [11], ключевую роль в поддержании восстановительного потенциала клеток, в том числе и эритроцитов, играет глутатион, в образовании восстановленной формы которого занят один из ферментов антиоксидантной системы – глутатионредуктаза. В качестве кофермента глутатионредуктаза использует восстановленный НАДФ, источником которого служат первые две реакции пентозофосфатного пути утилизации глюкозы, в частности, реакция, катализируемая глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназой [11].

При изучении активности глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы в эритроцитах больных сердечно-сосудистыми и гематологическими заболеваниями были получены данные, представленные в табл. 1. Из этих данных следует, что в группах больных сердечно-сосудистыми заболеваниями отмечается достоверное увеличение активности данного фермента по сравнению с контрольной группой доноров: в 1,7 раза при ишемической болезни сердца (ИБС) и в 2,0 раза при дилатационной кардиомиопатии.

В группах больных гематологическими заболеваниями существенные изменения данного показателя эритроцитов прослеживаются при эритремии и апластической анемии. При этих заболеваниях также наблюдается увеличение активности глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы: в 1,7 раза при эритремии и в 1,8 раза

при апластической анемии. У больных железодефицитной анемией отмечено незначительное увеличение активности фермента (на уровне тенденции).

Увеличение активности глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы сочеталось с увеличением активности глутатионредуктазы, что проявляется во всех обследованных группах больных по сравнению с контрольной группой (табл. 1). Так, у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями активность глутатионредуктазы возрастала: практически в 2,0 раза при ишемической болезни сердца и в 1,8 раза – при кардиомиопатии. В группах больных эритремией и апластической анемией активность фермента превышала показатель контрольной группы, в среднем, в 1,8 раза. В эритроцитах больных железодефицитной анемией активность глутатионредуктазы была выше на 22 % по сравнению с контрольной группой.

**Таблица 1**

**Активность глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы и глутатионредуктазы в гемолизатах эритроцитов больных сердечно-сосудистыми и гематологическими заболеваниями (M ± m)**

Обследованные группы	Активность глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы, нмоль·мин <sup>-1</sup> ·мгHb <sup>-1</sup>	Активность глутатионредуктазы, нмоль·мин <sup>-1</sup> ·мгHb <sup>-1</sup>
Контрольная группа	0,047 ± 0,002	0,105 ± 0,013
Больные ИБС	0,08 ± 0,008*	0,208 ± 0,010*
Больные кардиомиопатией	0,093 ± 0,009*	0,195 ± 0,018*
Больные эритремией	0,081 ± 0,005*	0,185 ± 0,018*
Больные апластической анемией	0,083 ± 0,007*	0,186 ± 0,020*
Больные железодефицитной анемией	0,054 ± 0,004	0,128 ± 0,015

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

В целом, прослеживается хорошо выраженная согласованность в изменении активности глутатионредуктазы и глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы. Из этого следует, что первая реакция пентозофосфатного пути утилизации глюкозы является наиболее значимой для формирования нужного уровня восстановительных эквивалентов в форме НАДФН в условиях соответствующих сердечно-сосудистых и гематологических заболеваний. Учитывая близкий уровень изменения активности глутатионредуктазы и глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы в эритроцитах больных можно предположить, что в условиях данных заболеваний развиваются общенаправленные компенсаторно-адаптивные биохимические перестройки, связанные с необходимостью усиления в эритроцитах восстановительного



потенциала системы глутатиона и предупреждения развития окислительных процессов деструктивного характера.

Из литературы также известно, что глутатион является одним из субстратов в реакциях нитрозилирования, связанных с метаболизмом оксида азота, в результате которых образуются как низкомолекулярные, так и высокомолекулярные нитрозотиолы. Одним из низкомолекулярных нитрозотиолов является нитрозоглутатион [11]. Нитрозилированный глутатион утрачивает свои восстановительные свойства и, в связи с этим, накопление нитрозоглутатиона может привести к снижению восстановительного потенциала эритроцитов.

При изучении содержания в гемолизатах эритроцитов низкомолекулярных нитрозотиолов были получены данные, представленные в табл. 2. Как показали результаты наших исследований, в большинстве обследованных групп больных прослеживается более низкое содержание в эритроцитах низкомолекулярных нитрозотиолов по сравнению с контрольной группой доноров. Наиболее существенное снижение уровня НМНТ отмечено у больных ишемической болезнью сердца (в 3,4 раза) и дилатационной кардиомиопатией (в 1,9 раза). В группах с гематологическими заболеваниями наиболее выраженное снижение содержания в эритроцитах НМНТ показано для больных железодефицитной анемией (в 1,5 раза) и эритремией (на 25,5 %). У больных апластической анемией наблюдалось незначительное снижение содержания НМНТ (на уровне тенденции).

Таблица 2

**Содержание низкомолекулярных нитрозотиолов (НМНТ) в гемолизатах эритроцитов больных отдельными сердечно-сосудистыми и гематологическими заболеваниями (M ± m)**

Обследованные группы	Содержание НМНТ, $\text{пмоль} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{мгHb}^{-1}$
Контрольная группа	$38,0 \pm 4,18$
Больные ИБС	$11,30 \pm 0,80^*$
Больные кардиомиопатией	$20,23 \pm 2,70^*$
Больные эритремией	$28,30 \pm 1,98^*$
Больные апластической анемией	$35,27 \pm 2,58$
Больные железодефицитной анемией	$25,94 \pm 2,80^*$

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

Снижение содержания низкомолекулярных нитрозотиолов в эритроцитах при соответствующих заболеваниях свидетельствует о возможности высвобождения определенной части глутатиона из процессов нитрозилирования, что создает условия для более активного его использования в восстановительных реакциях и, следовательно, усиления восстановительного потенциала эритроцитов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. В эритроцитах больных сердечно-сосудистыми заболеваниями (ишемическая болезнь сердца и дилатационная кардиомиопатия) и заболеваниями гематологического характера (эритремия, апластическая анемия, железодефицитная анемия) увеличивается активность глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы и глутатионредуктазы. Прослеживается хорошо выраженная согласованность в изменении активности ферментов, занятых в поддержании восстановительного потенциала эритроцитов.
2. В эритроцитах больных снижается содержание низкомолекулярных нитрозотиолов, что свидетельствует о возможности высвобождения части глутатиона из процессов нитрозилирования и, как следствие, оптимизации уровня его восстановленной формы для более активного использования в восстановительных реакциях.

## **Список литературы**

1. Азизова О. А. Взаимосвязь маркеров окислительного стресса с клиническим течением хронической ишемии мозга / О. А. Азизова // Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2013. – № 9. – С. 21–27.
2. Курашова Н. А. Особенности окислительного стресса при различных патологических состояниях у мужчин репродуктивного возраста / Н. А. Курашова // Бюлл. Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2012. – № 2 (2). – С. 31–35.
3. Луцкий М. А. Формирование окислительного стресса как одного из звеньев сложного патогенеза социально-значимых заболеваний нервной системы – инсульта и рассеянного склероза / М. А. Луцкий, А. М. Земсков, М. А. Смелянец и др. // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 10. – С. 27–32.
4. Елкина Н. М. Процессы перекисидации липидов, метгемоглобинообразования и генерирования активных форм кислорода в эритроцитах больных эритремией / Н. М. Елкина // Уч. записки Таврического нац. ун-та им. В.И. Вернадского. – Сер.: Биология, химия. – 2013. – Т. 26 (65), № 4. – С. 39–43.
5. Коношенко С. В. Особливості окиснювальної модифікації протеїнів в еритроцитах хворих на кардіоміопатію, ішемічну хворобу серця, еритремію та апластичну анемію / С. В. Коношенко, Н. М. Йолкіна // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – 2013. – № 2. – С. 40–43.
6. Novgorodtseva T. P. Modifications of the fatty acid composition of the erythrocyte membrane in patients with chronic respiratory diseases / T. P. Novgorodtseva, Y. K. Denisenko, N. N. Zhukova et al. // Lipids Health Dis. – 2013. – N. 12. – P. 117–121.
7. Новицкий В. В. Белковый спектр мембран эритроцитов у больных раком легкого и с опухолями головы и шеи / В. В. Новицкий, В. Е. Гольдберг, М. В. Колосова и др. // Бюлл. эксперим. биол. и мед. – 1999. – Прил. 1. – С. 18–20.
8. Drabkin D. A simplified technique for large scale crystallization of myoglobin and haemoglobin in the crystalline / D. Drabkin // Arch. Biochem. – 1959. – V. 21. – P. 224–226.
9. Кочетов Г. А. Практическое руководство по энзимологии / Г. А. Кочетов. – М.: Высшая школа, 1980. – 271 с.
10. Агабели Р. А. Антиоксиданты и антиоксидантные ферменты / Р. А. Агабели. – Баку, 1989. – 120 с.
11. Сагач В. Ф. Порушення ендотелій – залежних реакцій аргіназного та NO-синтазного шляхів обміну L-аргініну при артеріальній гіпертензії / В. Ф. Сагач, О. В. Базілюк, А. В. Коцюруба та інші // Фізіол. журн. – 2000. – 46, № 3. – С. 3–13.

**THE INDEXES OF ERYTHROCYTES CHARACTERIZED FORMATION OF  
OXIDATIVE-REDOX POTENTIAL UNDER SOME CARDIOVASCULAR AND  
HAEMATOLOGICAL DISEASES**

*Yolkina N. M., Kazakova V. V., Zagnoenko N. E., Konoshenko S. V.*

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

It is known, that under different diseases the balance in prooxidative and antioxidative processes is destroyed and oxidative and nitricoxide stress is realized. These processes are connected with production of oxygen and nitric active forms, that leads to changes of molecular and cellular structures [1–3]. Today we have much dates about that under some diseases erythrocytes are involved in pathological process as demonstrated by biochemical changes occuring in them [4–6].

In this regard, it is interest to examine the state of the system, that is connected with formation of redox potential in erythrocytes under some cardiovascular and haematological diseases, that was the aim of our work.

The materials for the study were the erythrocytes of healthy subjects (control group) and patients with dilated cardiomyopathy (20 persons, middle age 49,5 years), ischemic heart disease (25 persons, middle age 50,0 years), erythraemia (9 persons, middle age 60,0 years), aplastic anemia (11 persons, middle age 56,0 years) and iron-deficiency anemia (9 persons, middle age 49,0 years). The blood of patients with diseases was taken before treatment for an illness.

The erythrocytes were hemolysated by distilled water. In hemolysates of erythrocytes the activity of glucose-6-phosphate-dehydrogenase [7] and glutation-reductase [8] and content of low-molecular nitrosothiols (LMNT) [9] were determined. All indexes were studied by spectrophotometric methods of biochemical analyses.

It has been shown, that in hemolysates of erythrocytes in all groups of patients the activity of glucose-6-phosphate-dehydrogenase was rised as compared with control group: at 1,7 times under ischemic heart disease, at 2,0 times under dilated cardiomyopathy, at 1,7 times under erythraemia and at 1,8 times under aplastic anemia. In erythrocytes of patients with iron-deficiency anemia the activity of enzyme was on the level of control group.

At the same time, the activity of glutation-reductase was rised also: at 2,0 times under ischemic heart disease, at 1,86 times under cardiomyopathy, at 1,8 times under erythraemia and aplastic anemia and at 22% under iron-deficiency anemia.

It is known, that glutatione is one from substrates to nitrosilation, that is connected with NO metabolism [9].

It has been shown, that in hemolysates of erythrocytes in the most groups of patients the content of low-molecular nitrosothiols (LMNT) was lowed as compared with control group: at 3,4 times under ischemic heart disease, at 1,9 times under cardiomyopathy, at 1,5 times under iron-deficiency anemia and at 25,5% under erythraemia. In erythrocytes of patients with aplastic anemia the change of LMNT content was on the level of tendency.

The obtained dates evidence about adaptive character of biochemical changes in erythrocytes of patients and about connection these changes with type of pathology.

**Keywords:** erythrocytes, glucose-6-phosphate-dehydrogenase, glutation-reductase, low-molecular nitrosothiols (LMNT), glutatione, cardiovascular and haematological diseases.

#### References

1. Azizova O. A., Interaction of markers of oxidative stress with clinical proceed of chronic brain ischemia, *J. Neurology and psychiatry*, **9**, 21 (2013).
2. Kurashova N. A., Peculiarities of oxidative stress under different state of man in reproductive age, *Bull. East-Siberian scientific centre SD RAMN*, **2 (2)**, 31 (2012).
3. Lutskij M. A., Zemskov A. M., Smeljanets M. A., Formation of oxidative stress as one from links of difficult pathogenesis of social diseases of nervous system – insult and diffuse cerebral sclerosis, *Fundam. researches*, **10**, 27 (2014).
4. Yolkina N. M., Processes of lipids peroxidation, methaemoglobin formation and oxygen active forms generation in erythrocytes of patients with erythraemia, *Sc. notes of V.I. Vernadsky Taurida university, Biology and Chemistry*, **26 (65), 4**, 39 (2013).
5. Konoshenko S. V., Yolkina N. M., Peculiarities of proteins oxidative modification in erythrocytes of patients with cardiomyopathy, ischemic heart disease, erythraemia and aplastic anemia, *Experimental and clinical physiology and biochemistry*, **2**, 40 (2013).
6. Novgorodtseva T. P., Denisenko Y. K., Zhukova N. N., Modifications of the fatty acid composition of the erythrocyte membrane in patients with chronic respiratory diseases, *Lipids Health Dis.*, **12**, 117 (2013).
7. Kochetov G. A., *Enzymology practice textbook*, 271 (Moscow, 1980).
8. Agabeli R. A., *Antioxidants and antioxidative enzymes*, 120 (Baku, 1989).
9. Sagach V. F., Baziljuk O. V., Kotsuruba A. V., Buhanevich O. M., Distroying of endothelial – dependent reactions of arginasis and NO-synthesis way of L-arginine metabolism under arterial hypertension, *Physiol. J.*, **46, 3**, 3 (2000).

**УДК 576.8595.132(262.5)**

**ЗАРАЖЁННОСТЬ ЧЕРНОМОРСКОГО ШПРОТА НЕМАТОДОЙ  
*HYSTEROETHYLACIUM ADUNCUM* (NEMATODA: ASCARIDATA) У  
ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА В ПЕРИОД НАГУЛА**

*Завьялов А. В. Самотой Ю. В.*

*Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь,  
Республика Крым, Россия  
E-mail: andrej-zavyalov@yandex.ru*

Изучена заражённость черноморского шпрота в нагульный период нематодой *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda: Ascaridata) у берегов Крыма. Дана оценка причин различий заражённости шпрота в разных географических районах у крымского побережья.

**Ключевые слова:** шпрот, нематода, заражённость, *Hysterothylacium aduncum*

**ВВЕДЕНИЕ**

Черноморский шпрот (*Sprattus sprattus phalericus* (Risso)) один из наиболее массовых видов в Азово-Черноморском бассейне. Этот вид играет исключительную роль в экосистеме Чёрного моря, благодаря своей многочисленности, являясь промежуточным звеном между зоопланктоном и ихтиофагами [1]. Кроме этого, является важнейшим промысловым объектом всех стран черноморского бассейна. Основные страны, добывающие в Чёрном море шпрот Турция и Украина. В 2011 г. общий объём вылова шпрота превысил 120 тыс. т. На долю Турции приходится более 72% вылова [2]. В свете выше изложенного возникает необходимость в более масштабном и углублённом изучении биологии данного промыслового вида, особенностей его территориальных и промысловых скоплений.

В ихтиологической литературе давно обсуждается тема о наличии локальных стад черноморского шпрота в акватории Чёрного моря. Промысловый запас шпрота в Чёрном море в настоящее время принято считать единым, что фактически исключает принципиальную возможность его перелова. Но серьёзных аргументов в пользу данной концепции в научной литературе не существует, ибо данным вопросом никто не занимался. В 2015 году впервые была изучена географическая изменчивость его размерно-возрастной структуры, и установлены региональные различия показателей её многолетней динамики и межгодовой изменчивости у западного побережья Чёрного моря (шельф Болгарии, Румынии), на шельфе Крыма и у Анатолийского побережья Турции [3].

В настоящей работе предпринята попытка поиска новых критериев пространственного разграничения локальных группировок черноморского шпрота с использованием показателей его заражённости фоновым паразитом нематодой

*Hysterothylacium aduncum*. Нематода *H. aduncum* – типичный фоновый паразит, широко распространённый в Мировом океане. Локализуется и накапливается в полости тела в личиночной форме (L 3) в течение всей жизни рыбы без онтогенетических изменений [4].

**Цель исследования:** пространственные различия заражённости шпрота нематодой *H. aduncum* у побережья Крыма, как показатели его внутривидовой неоднородности.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Шпрот отлавливали в местах промысловых скоплений у крымского побережья в нагульный период (июль-сентябрь) в 2015 г.: от г. Евпатории до м. Меганом (рис.1).



Рис.1 Районы промысла и отбора проб шпрота

Методы:

1. Биологический анализ [5] (табл. 1).
2. Возраст определён по отолитам [6].
3. Выделены возрастные группы (табл. 2).
4. Паразитологический анализ (500 экземпляров (табл. 1)) по методике Быховской-Павловской у доминирующих возрастных групп шпрота [7] нематодой *H. aduncum*.

Таблица 1.

#### Количество обработанного материала

Вид анализа	Каламитский залив (район м. Лукулл)	Южный берег Крыма	Судакский район
Биологический	457 экз.	1409 экз.	1792 экз.
Паразитологический	100 экз.	200 экз.	200 экз.

Таблица 2.

Количество экземпляров рыб в доминирующих возрастных группах

Возраст рыб	Каламитский залив (район м. Лукулл)	Южный берег Крыма	Судакский район
1+	76 экз.	163 экз.	117 экз.
2+	24 экз.	31 экз.	46 экз.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате анализа показателей заражённости шпрота нематодой *H. aduncum* в разных географических районах у берегов Крыма получены следующие данные (значения ИО, ИИ, ЭИ у возрастных групп обработаны статистически) [8] (табл. 3). Самые высокие значения ИО отмечены в Каламитском заливе (район м. Лукулл), наиболее низкие – у Южного побережья (рис. 1). В Судакском районе значения ИО занимают промежуточное положение. Значения ИИ самые высокие также в районе м. Лукулл (рис. 2). Наиболее высокие и близкие по величине значения ЭИ для м. Лукулл и района Судака (рис. 3).

Таблица 3.

Заражённость разных возрастных групп шпрота в разных географических и промысловых районах у берегов Крыма (ИИ-интенсивность инвазии; ЭИ – экстенсивность инвазии; ИО - индекс обилия)

Возраст год.	Общее количество экз.	Количество зараженных экз.	Общее Количество паразитов в группе, экз.	ИИ (min-max), экз.	ЭИ, %	ИО, экз./особь
м. Лукулл						
1+	76	67	896	1-66	88,16	11,79 ± 1,43
2+	24	24	532	2-88	100,0	22,17 ± 5,21
ЮБК						
1+	163	124	1162	1-56	76,07	7,13 ± 0,73
2+	31	28	388	1-74	90,32	12,52 ± 2,77
Район Судака						
1+	117	105	1160	1-63	89,74	9,91 ± 1,02
2+	46	46	752	1-60	100,0	16,35 ± 2,33

Среди причин, определяющих особенности заражённости локальных группировок шпрота, по нашему мнению, различия видового состава кормового

зоопланктона (первый промежуточный хозяин). Разные районы у побережья Крыма отличаются по видовому составу планктона. [9], районные различия по численности и биомассе зоопланктона. Эти два обстоятельства определяют характер и интенсивность передачи инвазии по трофической цепи от копепод к шпроту (второй промежуточный хозяин) в разных районах.

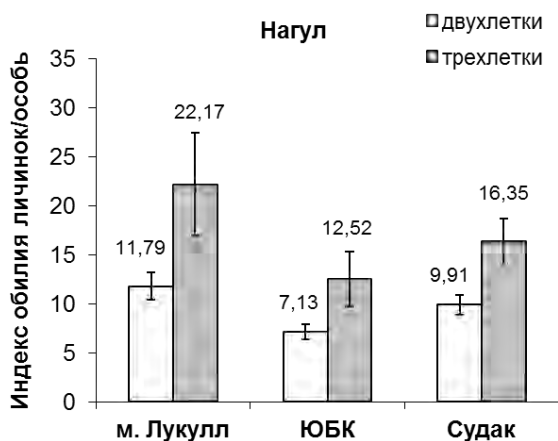


Рис.1. Индекс обилия (экз./особь) в разных районах у берегов Крыма

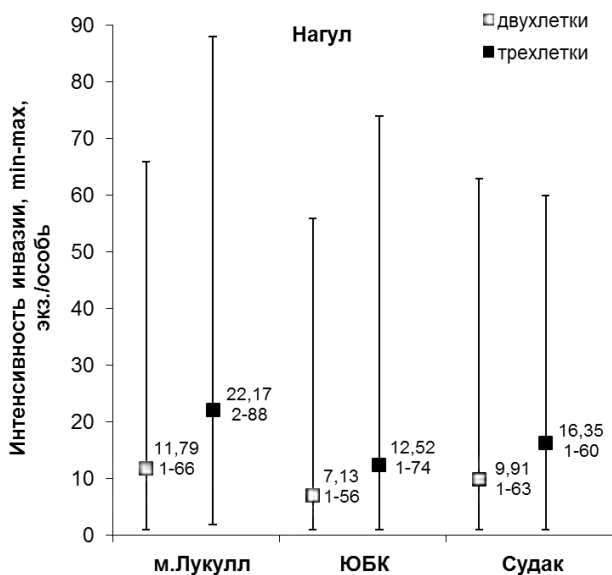


Рис.2. Интенсивность инвазии (минимум, максимум и среднее значение заражённости)



Известно, что юго-западного побережья Крыма наблюдается интенсивное развитие фитопланктона, что способствует увеличению биомассы кормового зоопланктона [10]. У ЮБК наблюдаются периодические резкие понижения температуры воды в период с мая по сентябрь за счёт подъёма холодных подповерхностных вод к поверхности [11], что не способствует формированию скоплений кормового зоопланктона. Это отрицательно влияет на формирование плотных скоплений шпрота в данном районе и уменьшает вероятность передачи инвазии на стартовых этапах жизненного цикла паразита.

Ряд этих обстоятельств может служить причиной высокой степени заражённости паразитом шпрота, как в Каламитском заливе, так и во всём юго-западном районе. И относительно низкими показателями инвазии в районе ЮБК и Судака.

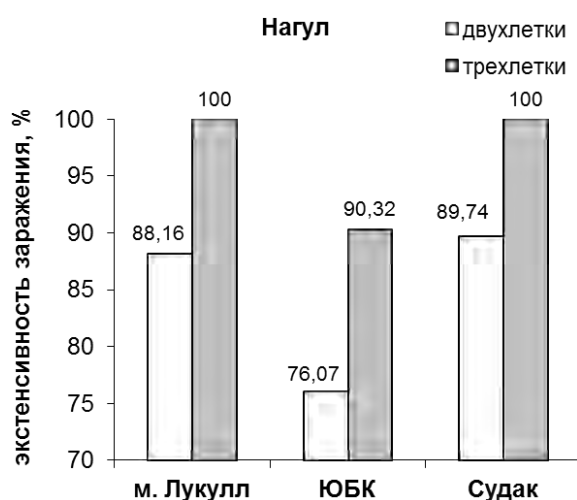


Рис.3 Экстенсивность инвазии (% заражённых особей) у берегов Крыма

Не следует исключать и антропогенный фактор (бытовые и промышленно-сельскохозяйственные стоки в судакском районе). Хотя данный аспект может вызвать определённые споры.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Заражённость шпрота (средние значения индекса обилия) *H. aduncum* в разных районах у крымского побережья в нагульный период распределяется следующим образом: самые высокие показатели заражённости отмечены в районе мыса Лукулл. Самые низкие отмечены у ЮБК. Заражённость шпрота у юго-восточного побережья (район Судака) занимает промежуточное положение между заражённостью в районе м. Лукулл и в районе Судака.

2. Заражённость шпрота *H. aduncum* по значениям интенсивности инвазии: самые высокие в районе мыса Лукулл. Достоверных отличий заражённости у ЮБК и в районе Судака – не выявлено.
3. Районы м. Лукул и Судака сходны по относительно высоким значениям экстенсивности инвазии. В районе ЮБК эти значения относительно низкие.

#### Список литературы

1. Гусар А. Г. Черноморский шпрот: (Распределение, поведение, биол. основы светлова) / А. Г. Гусар, В. А. Гетманцев. – М.: Б. и, 1985. – 229 с.
2. Daskov G. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF): Report of the SCMED-09-01: Review of advice on the Black Sea stocks for 2009 / G. Daskov, H.-J. Ratz // Luxembourg: EU Publ. Office. 2009. 158/ (IRC Scientific and Policy Reports).
3. Зуев Г. В. Географическая изменчивость размерно-возрастной структуры черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces: Clupeidae) и его внутривидовой дифференциации/ Зуев Г. В. и др. // Морской биологический журнал. – 2016 – Т. 1, №1. – С 24–35.
4. Гаевская А. В. Анизакидные нематоды и заболевания, вызываемые ими у животных и человека/ А. В. Гаевская. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – 223 с.
5. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб/ И. Ф. Правдин. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.
6. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб: (методическое пособие по ихтиологии) / Н. И. Чугунова. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 125 с.
7. Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб: руководство по изучению / И. Е. Быховская-Павловская; гл. ред. О. А. Скарлато; АН СССР, Зоол. ин-т. – Л.: Наука, 1985. – 123 с.
8. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1973. – 343 с.
9. Глущенко А. И. Особенности питания черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces: Clupeidae) и формирование его нагульных скоплений / А. И. Глущенко // Мор. экол. журн. – 2008. – Т. 7, № 3. – С. 5–14.
10. Загородняя Ю. А. Современное состояние зоопланктона у берегов Крыма. Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор) / Загородняя Ю. А. и др. // НАН Украины, Ин-т биологии южных морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь, 2003. – Гл. 2. – С. 49–83.
11. Иванов В. А. Апвеллинг в Чёрном море / Иванов В. А., Михайлова Э. Н. // НАН Украины, Морской гидрофизический институт – Севастополь, 2008. – С. 92.

#### NEMATODA *HYSTROTHYLACIUM ADUNCUN* (NEMATODA: ASCARIDATA) INFECTION OF BLACK SEA SPRAT OFF THE CRIMEAN COAST IN FEEDING TIME

*Zav'yalov A.V., Samotoi Yu.V.*

*The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russian Federation  
E-mail: andrej-zavyalov@yandex.ru*

Nematoda *Hystrothylacium aduncun* (Nematoda: Ascaridata) infection of Black Sea sprat at the Crimean coastal waters in feeding period was studied. The highest level of infection was observed in fish caught at Lukull cape region in Kalamit Bay, while the lowest was detected in fish collected in the site of the southern coast of Crimea. In Sudak region the main reasons, detecting the peculiarities of infection of the local groups of sprat

at Crimean coastal waters are the following: 1) differences of biodiversity of food plankton organisms (the first host of the nematode); 2) regional variations of the number and biomass of zooplankton. All these reasons cause the trend and intensity of invasion transformation via food chain from copepods to sprat in various sites; 3) regional differences of hydrological regime. At the south-western coast of Crimea the intensive development of phytoplankton was shown, which results the increase of food zooplankton organisms increasing. At the southern site the periodical fluctuations and decrease of the temperature were noted at the period from May to September caused the upwelling, which was negative influence on zooplankton development and growth. This fact is negative influences on the development on sprat groups at this region and decreases the possibility of the invasion transition at the beginning of life cycle of parasite.

**Keywords:** sprat, nematode, invasion, *Hysterothylacium aduncum*.

### References

1. Gusar A. G., Getmantsev V. A. *Chernomorskiy shprot: (Raspredelenie, povedenie, biol. osnovyi svetolova)*, 229 (M.: B. I., 1985).
2. Dascalov G., Rätz H.-J. *Report of the SGMED-09-01 Review of advise on Black Sea stocks for 2009*. (23-27 March 2009, Ranco, Italy), 158 (Luxembourg, 2009).
3. Zuev G. V. i dr. Geograficheskaya izmenchivost razmerno-voznrastnoy strukturyi chernomorskogo shprota *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces: Clupeidae) i ego vnutrividovoy differentsiatsii, *Morskoy biologicheskyy zhurnal*, **1**, **1**, 24 (2016).
4. Gaevskaya A. V. *Anizakidnyie nematodyi i zabolevaniya, vyizyivaemyie imi u zhyvotnyih i cheloveka*, 223 (Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2005).
5. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryib*, 376 (M.: Pisch. prom-t, 1966).
6. Chugunova N. I. *Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryib: (metodicheskoe posobie po ihtiologii)*, 125 (M.: Izd-vo AN SSSR, 1959).
7. Byihovskaya-Pavlovskaya I. E. *Parazityi ryib: rukovodstvo po izucheniyu / gl. red. O. A. Skarlato; AN SSSR, Zool. in-t*, 123 (L.: Nauka, 1985).
8. Lakin G. F. *Biometriya*, 343 (M.: Vysshaya shkola, 1973).
9. Gluschenko A. I. Osobennosti pitaniya chernomorskogo shprota *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) (Pisces: Clupeidae) i formirovanie ego nagulnyih skopleniy, *Mor. ekol. Zhurn*, **7**, **3**, 5 (2008).
10. Zagorodnyaya Yu. A. i dr. *Sovremennoe sostoyanie zooplanktona u beregov Kryima. Sovremennoe sostoyanie bioraznoobraziya pribrezhnyih vod Kryima (chernomorskiy sektor)*. NAN Ukrainyi, In-t biologii yuzhnyih morey im. A. O. Kovalevskogo, 49. (Sevastopol, 2003).
11. Ivanov V. A., Mihaylova E. N. *Apvelling v ChYornom more*, NAN Ukrainyi, Morskoy gidrofizicheskyy institute, 92. (Sevastopol, 2008).

**УДК 612.2;591.12**

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КУРЕНИЯ НА СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ЗДОРОВЬЯ КАК НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНИ**

*Ибрагимова Э. Э.*

*ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь,  
Республика Крым  
E-mail: evelina\_biol@mail.ru*

Проведена оценка влияния курения на уровень здоровья студенческой молодежи, в результате которой установлена связь состояния функциональных проб и гемодинамических показателей у юношей в зависимости от их образа жизни. В частности, продолжительность произвольной задержки дыхания оказалась самой высокой у некурящих юношей, занимающихся спортом, низкой – у курящих; при этом частота дыхательных циклов у испытуемых имела обратную зависимость – в группе курящих студентов оказалась самой высокой, у занимающихся спортом некурящих юношей – самой низкой. В процессе проведения функциональной нагрузочной пробы с задержкой дыхания была установлена неоднозначная реакция сердечно-сосудистой системы испытуемых. Функциональной проба с задержкой дыхания у юношей, не занимающихся спортом (курящих и некурящих) приводила к снижению тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы при увеличении тонуса парасимпатического. У курящих юношей, занимающихся спортом, наоборот, отмечалось достоверное увеличение гемодинамических показателей, свидетельствующее о увеличении тонуса симпатической нервной системы. В группе некурящих юношей, занимающихся спортом, было зарегистрировано увеличение систолического давления, при снижении диастолического, являющееся следствием проявления механизма Франка-Старлинга.

Адаптационный потенциал у курящих студентов соответствовал «напряжению механизмов адаптации», свидетельствующему о вероятности наличия скрытых или нераспознанных заболеваний.

**Ключевые слова:** здоровье, студенты, сердечно-сосудистая система, артериальное давление, курение, дыхание, функциональная нагрузочная проба.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современный этап развития общества ознаменовался высоким уровнем требований к профессиональным качествам специалистов, что явилось одной из причин к стремлению молодежи поступать в высшие учебные заведения, где они смогут сформировать комплекс профессиональных компетенций. Поступление и последующее обучение студентов в высшей школе приводит к тому, что молодые люди сталкиваются с рядом факторов, оказывающих существенное влияние на их психофизиологический статус. К числу значимых могут быть отнесены умственные и психоэмоциональные нагрузки, недостаточная материальная обеспеченность, нерациональное питание, нарушенный режим дня, хронические заболевания [1, 2]. К сожалению, следует отметить, что недостаточный уровень культуры, отсутствие информации (или игнорирование ею), попытка «отличиться», способствует распространению в молодежной среде подверженности к вредным привычкам:

курению, употреблению алкоголя, наркотических и психоактивных веществ [3]. В данном контексте мониторинг состояния здоровья студентов и его охрана является одной из актуальнейших задач современного социума, ведь именно студенты высших учебных заведений являются интеллектуальным и социально-экономическим ресурсом страны, определяющим вектор ее дальнейшего развития.

Выявление основных факторов, оказывающих существенное влияние на здоровье студентов имеет важное значение, так как будет способствовать предотвращению развития различных болезней. Исследованиями ряда авторов установлено, что многие современные студенты в анамнезе имеют хронические и острые формы заболеваний различной этиологии, в частности, болезни органов пищеварения, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, опорно-двигательного аппарата и др. [1, 4-7]. Следует отметить, что большинство исследований базируются на констатации факта болезни, в то время как необходимо выявлять причину развития того или иного заболевания.

В связи с этим цель нашего исследования заключалась в оценке влияния подверженности студентов вредным привычкам (курение) и связи данного процесса со снижением уровня здоровья как начального этапа развития болезни.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании приняли участие студенты инженерно-технологического факультета Крымского инженерно-педагогического университета. Все обследуемые были проинформированы о цели исследования и дали согласие на участие в нем. Студенты были разделены на следующие группы: 1) некурящие (n=9); 2) некурящие, занимающиеся спортом (n=5); 3) курящие (n=12); 4) курящие, занимающиеся спортом (n=4).

У испытуемых (n=30, юноши, средний возраст  $19,19 \pm 0,35$ ) определяли антропометрические (определение длины, см; массы тела, кг; индекса массы тела (ИМТ),  $\text{кг}/\text{м}^2$ ; площади поверхности тела (Body Surface Area (BSA),  $\text{м}^2$ ); легочной функции (функциональная проба Штанге, подсчет количества дыхательных циклов в 1 минуту) и гемодинамические (частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД, мм рт.ст)) показатели [8, 9]. Уровень здоровья испытуемых оценивали по величине индекса функциональных изменений (ИФИ) системы кровообращения, или адаптационного потенциала (АП) Р.М. Баевского [9].

Результаты обрабатывали статистически с использованием программного обеспечения Microsoft Excel. Достоверность полученных результатов оценивали по непараметрическому U-критерию Манна-Уитни для сравнения малых выборок. Сравнение гемодинамических показателей до и после функциональной нагрузочной пробы осуществляли с помощью парного t-критерия Стьюдента для зависимых совокупностей, считая различия достоверными при  $p < 0,05$ .

Исследования проводили с утра, до начала активных видов деятельности. Адаптационный потенциал рассчитывали до проведения нагрузочных тестов с произвольной остановкой внешнего дыхания. Исследования легочной функции проводили после максимально глубокого вдоха в положении сидя с носовым зажимом.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Уровень физического развития отражает состояние здоровья, так как является комплексным критерием его оценки. В связи с этим, был проведен сравнительный анализ антропометрических показателей студентов обследованных групп, позволивший установить отсутствие достоверных внутригрупповых отличий. Средний показатель роста составил  $176,43 \pm 1,31$  см, массы –  $71,67 \pm 1,99$ , что соответствует возрастным физиологическим нормам и не имеет существенных различий. Студентов с избыточной массой тела или ее недостатком в указанной выборке установлено не было. Индекс массы тела в исследованных группах статистически значимых отличий не имел (средний показатель ИМТ –  $22,98 \pm 0,67$ ), что соответствует нормальной массе тела (ИМТ в норме варьирует в пределах  $18,5 - 25$  кг/м<sup>2</sup>). Расчет площади поверхности тела (BSA), являющийся более достоверным показателем метаболического обмена, в сравнении с массой тела, также не имел статистически значимых отличий в группах испытуемых, его средний показатель составил  $1,86 \pm 0,04$  м<sup>2</sup>, что соответствует норме. Таким образом, оценка уровня физического развития у испытуемых находилась в рамках возрастной физиологической нормы без статистически значимых отличий между исследованными группами.

Результаты проведенного сравнительного анализа позволили установить связь состояния функциональных проб и гемодинамических показателей у юношей в зависимости от их образа жизни. В частности, функциональная проба для оценки состояния кардиореспираторной системы, заключающаяся в определении максимальной продолжительности произвольной задержки дыхания после вдоха (проба Штанге) показала наиболее высокий результат среди студентов, занимающихся спортом (средний показатель в данной группе составил  $69,1 \pm 2,83$ ) и в группе испытуемых, не злоупотребляющих курением ( $66,65 \pm 3,74$ ), что может свидетельствовать о значительном резерве адаптационных возможностей организма юношей данных групп [10]. Полученные данные имели статистически значимые отличия в сравнении с группой курящих студентов ( $p < 0,05$ ), в которой средний показатель задержки внешнего дыхания составил  $50,27 \pm 3,64$ . Полученный результат свидетельствует, что у курящих молодых людей достоверно снижается время задержки дыхания, свидетельствующее о негативном влиянии никотина на дыхательную систему испытуемых. Данное утверждение подтверждается также фактом снижения исследованного показателя у курящих спортсменов, функциональная проба которых ниже в сравнении с некурящими спортсменами –  $63,13 \pm 6,16$ . Аналогичные данные были получены при оценке частоты дыхательных циклов. В частности, частота дыхательных циклов в группе курящих студентов в среднем составила  $23,08 \pm 0,89$ ; у некурящих –  $18,22 \pm 0,26$ , причем эти отличия оказались статистически значимыми ( $p < 0,05$ ). Достоверно различными ( $p < 0,05$ ) оказались данные при сравнении частоты дыхательных циклов между группами курящих студентов и занимающимися спортом некурящими молодыми людьми ( $13,8 \pm 1,58$ ). Частота дыхательных циклов у курящих спортсменов ( $18,0 \pm 2,67$ ) оказалась ниже, чем у курящих ( $p < 0,05$ ) студентов, приближаясь к показателям некурящих не занимающихся спортом юношей ( $p > 0,05$ ). Снижение частоты дыхательных движений у студентов, занимающихся спортом и не злоупотребляющих

курением, связано с увеличением объема вдыхаемого воздуха, о величине которого свидетельствует расчет показателя экскурсии грудной клетки (ЭГК, см), представляющий собой разницу окружности грудной клетки на вдохе и выдохе (ЭГК <4 см – низкая, 5-9 см – средняя и >10 – высокая). Так, средняя величина ЭГК в группе курящих юношей составила  $3,46 \pm 0,28$ , что имело достоверные отличия от группы некурящих юношей, занимающихся спортом (ЭГК  $=7,87 \pm 0,66$ ). Следовательно, в обследуемых группах выявлены низкие показатели экскурсии грудной клетки у курящих юношей и средние – у некурящих спортсменов. Таким образом, результаты функциональной пробы с задержкой дыхания и учетом частоты дыхательных циклов, выявили наиболее низкие показатели в группе курящих студентов, следует отметить, что полученные в данной выборке результаты не выходят за пределы критических, что объясняется небольшим «стажем» курения (1-2 года), поэтому у молодых людей в случае отказа от пристрастия к курению, есть высокий шанс сохранения здоровья дыхательной системы.

В процессе проведения функциональной нагрузочной пробы с задержкой дыхания была установлена неоднозначная реакция сердечно-сосудистой системы испытуемых. Показатели гемодинамики до проведения функциональной пробы в целом соответствовали величинам, характерным для данной возрастной группы (табл. 1). В группе некурящих юношей (55,5 %) и курящих спортсменов (33,3 %) была установлена склонность к тахикардии.

**Таблица 1.  
Гемодинамические показатели, полученные до проведения функциональной пробы с задержкой дыхания**

Группа обследуемых	Гемодинамические показатели		
	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ЧСС, уд/мин
Курящие юноши	$131,83 \pm 4,59$	$81,08 \pm 5,87$	$74,50 \pm 2,63$
Некурящие юноши	$138,67 \pm 4,97^*$	$81,44 \pm 3,77$	$85,55 \pm 3,76^*$
Курящие, занимающиеся спортом	$122,50 \pm 8,68^*$	$73,0 \pm 6,37^*$	$86,75 \pm 9,00^*$
Некурящие, занимающиеся спортом	$123,80 \pm 7,64^*$	$74,60 \pm 6,61^*$	$71,60 \pm 2,53^*$

Примечание: \* – различия с курящими юношами достоверны при  $p < 0,05$  по непараметрическому U-критерию Манна-Уитни

В группе курящих юношей после проведения нагрузочной функциональной пробы было зарегистрировано достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение гемодинамических показателей по t-критерию Стьюдента – САД – на 10,69 %, ДАД – на 9,25 % соответственно (рис. 1 а, б). При этом частота сердечных сокращений увеличивалась на 9,5 % ( $p < 0,05$ ) (рис. 1 в). Аналогичные данные были получены в группе некурящих студентов – после задержки дыхания регистрировалась статистически значимое ( $p < 0,05$ ) снижение САД – на 7,1 %; ДАД – на 12,28 %).

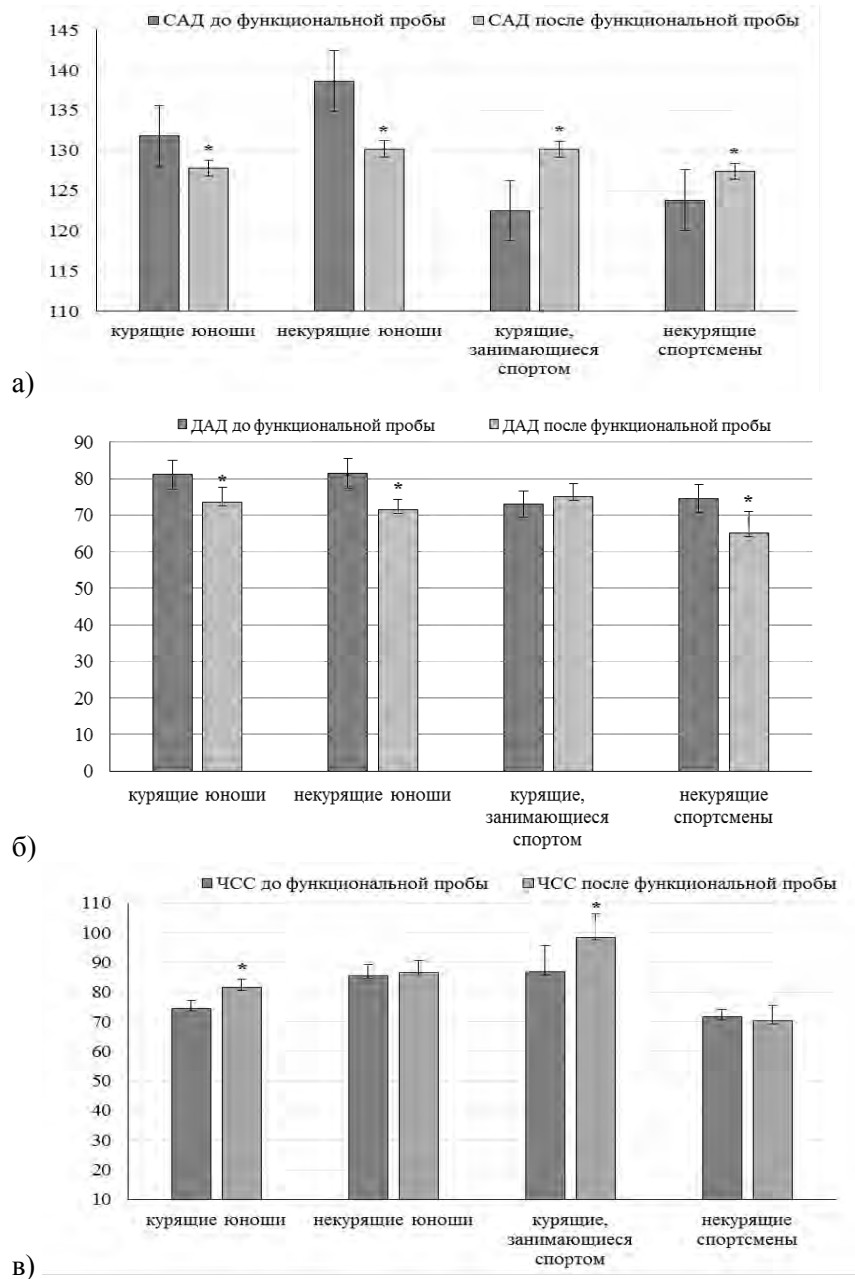


Рис. 1. Сравнительные показатели систолического (а), диастолического (б) артериального давления и частоты сердечных сокращений (в) у студентов в покое и после нагрузочной функциональной пробы с задержкой дыхания (\* – различия достоверны при  $p < 0,05$  по парному t-критерию Стьюдента для зависимых совокупностей).



Полученные данные свидетельствуют, что после проведения функциональной пробы с задержкой дыхания происходит снижение тонуса симпатической нервной системы и увеличение тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. К аналогичным выводам пришли исследователи при изучении латерализации артериального давления у молодых людей при проведении функциональных нагрузочных проб [11]. Вместе с тем следует, отметить, что у курящих юношей, занимающихся спортом, наоборот, отмечалось достоверное увеличение ( $p < 0,05$ ) показателей артериального давления и пульса после проведения функциональной пробы (САД – на 6,6 %, ДАД – 5,81 %, ЧСС – 11,92 %) (см. рис. 1 а-в), свидетельствующее об увеличении тонуса симпатической нервной системы. В группе некурящих юношей, занимающихся спортом, было зарегистрировано увеличение систолического давления, при снижении диастолического и пульса.

Установлено, что такая реакция кардиореспираторной системы на функциональные пробы характерна для лиц, занимающихся спортом [12]. Величина САД определяется конечным систолическим объемом сердца и зависит от тонуса кровеносных сосудов, а величина ДАД определяется величиной конечного диастолического объема, в связи с этим снижение ДАД под влиянием выполняемой нагрузки является следствием проявления механизма Франка-Старлинга (чем больше конечный диастолический объем, тем более значимо влияние данного механизма на сократительный аппарат миокарда), в связи с этим у юношей, занимающихся спортом, механизм Франка-Старлинга включается при меньших нагрузках, чем у нетренированных испытуемых. Таким образом, в проведенном исследовании установлено достоверное внутригрупповое отличие реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузочную пробу, заключающуюся в увеличении показателя САД у занимающихся спортом юношей и уменьшении САД и ДАД у не занимающихся спортом студентов, при этом отмечалось достоверное увеличение частоты сердечных сокращений у курящих молодых людей как спортсменов, так и не занимающихся спортом.

Результаты сравнительной оценки адаптационного потенциала (АП) сердечно-сосудистой системы обследованных студентов с использованием индекса функциональных изменений (ИФИ) показали, что АП у юношей, занимающихся спортом ( $2,13 \pm 0,13$ ), некурящих ( $2,38 \pm 0,12$ ) и курящих спортсменов ( $2,36 \pm 0,37$ ) находится в пределах оценки «удовлетворительной адаптации». Величина адаптационного потенциала курящих студентов соответствовала «напряжению механизмов адаптации» ( $2,61 \pm 0,11$ ), свидетельствующему о вероятности наличия скрытых или нераспознанных заболеваний. Таким образом, в проведенном исследовании установлено снижение выносливости кардиореспираторной системы к функциональным нагрузочным пробам, проявляющееся в увеличении показателей адаптационного потенциала системы кровообращения у студентов злоупотребляющих курением.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Оценка уровня физического развития обследованных юношей по антропометрическим показателям, позволила установить отсутствие статистически

- значимых отличий между исследованными группами, уровень физического развития которых находился в рамках возрастной физиологической нормы.
- Установлена связь состояния функциональных проб и гемодинамических показателей у юношей в зависимости от их образа жизни: продолжительность произвольной задержки дыхания оказалась самой высокой у некурящих юношей, занимающихся спортом ( $69,1 \pm 2,83$ ), низкой – у курящих ( $50,27 \pm 3,64$ ). Частота дыхательных циклов в группе курящих студентов оказалась самой высокой ( $23,08 \pm 0,89$ ); у некурящих –  $18,22 \pm 0,26$  и курящих, занимающихся спортом –  $18,0 \pm 2,67$ ; у занимающихся спортом некурящих юношей –  $13,8 \pm 1,58$ .
  - Функциональной проба с задержкой дыхания у юношей, не занимающихся спортом (курящих и некурящих) приводит к снижению тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы и увеличению тонуса парасимпатического отдела. У курящих юношей, занимающихся спортом, наоборот, отмечалось достоверное увеличение ( $p < 0,05$ ) гемодинамических показателей, свидетельствующее об увеличении тонуса симпатической нервной системы. В группе некурящих юношей, занимающихся спортом, было зарегистрировано увеличение систолического давления, при снижении диастолического, являющееся следствием проявления механизма Франка-Старлинга.
  - АП у юношей, занимающихся спортом, некурящих и курящих спортсменов находится в пределах оценки «удовлетворительной адаптации», у курящих студентов АП соответствовал «напряжению механизмов адаптации», свидетельствующему о вероятности наличия скрытых или нераспознанных заболеваний.

#### Список литературы

- Якубова З. А. Здоровье и самосохранительное поведение студентов в процессе профессиональной подготовки / З. А. Якубова, Э. Ф. Якубова // Ученый XXI века. – 2015. – № 9–10. – С. 32–35.
- Жарова А. В. Здоровье студентов вузов г. Красноярска и оптимизация мероприятий по его сохранению / А. В. Жарова // Автореф. дис. на соискание учен. степени канд. мед. наук. – Красноярск, 2004. – 25 с.
- Косовский В. Г. Состояние здоровья и оптимизация медицинской помощи студентам вузов г. Магнитогорска в новых социально-экономических условиях / В. Г. Косовский // Автореф. дис. на соискание учен. степени канд. мед. наук. – Магнитогорск, 2007. – 24 с.
- Агаджанян Н. А. Изучение образа жизни, состояния здоровья и успеваемости студентов при интенсификации образовательного процесса / Н. А. Агаджанян, А. Е. Северин, А. А. Силаев, Н. В. Ермакова, Т. Ш. Миннибаев, Л. Ю. Кузнецова // Гигиена и санитария. – 2005. – № 3. – С. 48–52.
- Щебеньков В. Ю. Научное обоснование системы организации медицинской помощи студентам с заболеваниями костно-мышечной системы (на примере КрасГМА) / В. Ю. Щебеньков // Автореф. дис. на соискание учен. степени канд. мед. наук. – Красноярск, 2005. – 26 с.
- Коновалова Г. М. Исследование системы внешнего дыхания у студентов в условиях образовательного процесса / Г. М. Коновалова, М. В. Украинцева // Известия Сочинского государственного университета. – 2015. – № 3 (36). – С. 250–255.
- Ибрагимова Э. Э. Экспресс-мониторинг состояния здоровья студенческой молодежи / Э. Э. Ибрагимова, З. А. Якубова // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2015. – Том 1 (67). – № 1. – С. 36–44.
- Kouno T. Standardization of the Body Surface Area (BSA). Formula to Calculate the Dose of Anticancer Agents in Japan / Tsutomu Kouno, Noriyuki Katsumata, Hirofumi Mukai, Masashi Ando, Toru Watanabe // Japanese Journal of Clinical Oncology. – 2003. – V. 33. – P. 309–313.

9. Хомутов А. Б. Антропология / А. Б. Хомутов // Ростов н/Д: «Феникс». (Серия «Высшее образование»); изд-е 3-е, 2004. – 384 с.
10. Воронин Р. М. Адаптационные возможности лиц молодого возраста по результатам пробы Штанге / Р. М. Воронин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2011. – Т. 14. – № 10. – С. 173–176.
11. Кулакова Т. Б. Латерализация артериального давления у лиц молодого возраста при проведении функциональных нагрузочных проб / Т. Б. Кулакова, В. С. Никольский // Кубанский научный медицинский вестник. – 2011. – № 6 (129). – С. 83–87.
12. Осколкова Е. М. Влияние произвольной остановки внешнего дыхания и холодовой пробы на показатели гемодинамики и легочного дыхания у человека / Е. М. Осколкова // Автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук. – Киров, 2003. – 20 с.

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF SMOKING ONTO THE AGGRAVATION OF HEALTH AS THE INITIAL PHASE OF DISEASE

*Ibragimova E. E.*

*State Budget Educational Institution of Higher Education of the Republic of Crimea "Crimean Engineering and Pedagogical University", Simferopol, Crimea, Russian Federation  
E-mail: evelina\_biol@mail.ru*

Evaluation of the influence of smoking onto the aggravation of students' health is made. It shows connection between functional stress tests and hemodynamic parameters of boys according to their lifestyle. The students were divided into the following groups: non-smokers (n = 9); nonsmokers doing sports (n = 5); smokers (n = 12); smokers doing sports (n = 4).

According to the data, the duration of arbitrary breath-holding appeared to be the highest among non-smokers involved in sports, the lowest level among smokers; The frequency of the respiratory cycles of young men being tested had an reverse result – it was the highest in the group of smokers, and the lowest among non-smokers doing sports. In the course of the functional breath-holding test the ambiguous reaction of the cardiovascular system of the subjects was established. Indicators of hemodynamics before the functional stress test generally corresponded to the parameters that are peculiar for this age group. In the group of non-smokers (55.5 %) and smokers athletes (33.3 %) tendency to tachycardia was established.

The connection between functional stress test and hemodynamic parameters among boys according to their lifestyle: the length of an arbitrary breath-holding was the highest among non-smokers involved in sports ( $69,1 \pm 2,83$ ), the lowest - among smokers ( $50,27 \pm 3,64$ ). The frequency of the respiratory cycles in a group of smokers appeared the highest ( $23,08 \pm 0,89$ ); nonsmokers –  $18,22 \pm 0,26$  and smokers doing sports –  $18,0 \pm 2,67$ ; non-smokers doing sports –  $13,8 \pm 1,58$ .

Functional apnea tests among young men not involved in sports (both smokers and nonsmokers) resulted in a decrease of the sympathetic segment of the vegetative nervous system with an increase in parasympathetic segment. Among smokers involved in sports, on the contrary, there was a significant increase of hemodynamic parameters, indicating an increase in tone of the sympathetic nervous system. Among the tested non-smokers involved in sports an increase in systolic blood pressure was defined during lowering of diastolic pressure, which is a consequence of Frank-Starling mechanism result.

The results of the comparative assessment of adaptive capacity of the cardiovascular system of students being tested with the help of an index of the functional changes showed that the adaptive capacity of the young men involved in sports ( $2,13 \pm 0,13$ ), non-smokers ( $2,38 \pm 0,12$ ) and smoking athletes ( $2,36 \pm 0,37$ ) is within the assessment of «satisfactory adaptation». The scope of the adaptation potential of smoking students corresponded to «stress adaptation mechanisms» ( $2,61 \pm 0,11$ ), indicating the probability of having hidden or unrecognized disease. Differences received from the scope of adaptive capacity in smoking groups not involved in sports and smoking athletes are connected with the fact that under the combined influence of physical activity and smoking tension of compensatory functions of the body due to the intensification of the work of the blood circulation system occurs. It effectively increases the oxygen supply of tissues. Thus, the survey shows a decrease of cardio and respiratory endurance to functional stress tests resulting in increasing the data performance of the adaptation potential of the blood circulation system among smoking students.

**Keywords:** health, students, cardiovascular system, blood pressure, smoking, breathing, functional stress test.

### References

1. Yakubova Z. A., Yakubova E. F. Zdorove i samosohranitelnoe povedenie studentov v processe professionalnoy podgotovki. *Uchenyy XXI veka*, **9-10**, 32 (2015).
2. Zharova A. V. *Zdorove studentov vuzov g. Krasnoyarska i optimizaciya meropriyatij po ego sohranenyu*, Avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. med. nauk, 25 (Krasnoyarsk, 2004).
3. Kosovskiy V. G. *Sostoyanie zdorovya i optimizaciya medicinskoj pomoschi studentam vuzov g. Magnitogorska v novyh socialno-ekonomicheskikh usloviyah*, Avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. med. nauk, 24 (Magnitogorsk, 2007).
4. Agadzhanyan N. A., Severin A. E., Silaev A. A., Ermakova N. V., Minnibaev T. Sh., Kuznecova L. Yu. Izuchenie obraza zhizni, sostoyaniya zdorovya i uspevaemosti studentov pri intensivatsii obrazovatel'nogo processa, *Gigiena i sanitariya*, **3**, 48 (2005).
5. Schebenkov V. Yu. *Nauchnoe obosnovanie sistemy organizatsii medicinskoj pomoschi studentam s zabolevaniyami kostno-myshechnoy sistemy (na primere KrasGMA)*, Avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. med. nauk, 26 (Krasnoyarsk, 2005).
6. Konovalova G. M., Ukrainceva M. V. Issledovanie sistemy vneshnego dyhaniya u studentov v usloviyah obrazovatel'nogo processa, *Izvestiya Sochinskogo gosudarstvennogo universiteta*, **3 (36)**, 250 (2015).
7. Ibragimova E. E., Yakubova Z. A. Ekspres-monitoring sostoyaniya zdorovya studencheskoj molodezhi, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Seriya «Biologiya, himiya»*, **1 (67)**, **1**, 36 (2015).
8. Kouno T., Noriyuki Katsumata, Hirofumi Mukai, Masashi Ando, Toru Watanabe Standardization of the Body Surface Area (BSA). Formula to Calculate the Dose of Anticancer Agents in Japan, *Japanese Journal of Clinical Oncology*, **33**, 309 2003.
9. Homutov A. B. *Antropologiya*, 384 (Rostov n/D: «Feniks»). (Seriya «Vysshee obrazovanie»): izd-e 3-e, 2004).
10. Voronin R. M. Adaptatsionnye vozmozhnosti lic molodogo vozrasta po rezul'tatam proby Shtange, *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Medicina. Farmatsiya*, **14**, **10**, 173 (2011).
11. Kulakova T. B., Nikolskiy V. S. Lateralizaciya arterial'nogo davleniya u lic molodogo vozrasta pri provedenii funktsionalnykh nagruzochnykh prob, *Kubanskiy nauchnyy medicinskiy vestnik*, **6 (129)**, 83 (2011).
12. Oskolkova E. M. *Vliyanie proizvolnoy ostanovki vneshnego dyhaniya i holodovoy proby na pokazateli gemodinamiki i legochnogo dyhaniya u cheloveka*, Avtoref. dis. na soiskanie uchen. stepeni kand. biol. nauk, 20 (Kirov, 2003).

**УДК 575.1**

**ГРУППА КРОВИ И РЕЗУС ФАКТОР, КАК МАРКЕРЫ  
ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К НЕКОТОРЫМ ПАТОЛОГИЯМ СРЕДИ  
НАСЕЛЕНИЯ КРЫМА**

*Ивенкова А. И., Романова Д. В.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: dasha\_romanova777@mail.ru*

Исследовали маркирующий эффект групп крови АВ0 и Rh при патологиях и в норме у мужчин и женщин в возрасте от 17 до 65 лет, проживающих на территории АР Крым. Маркирующий эффект у мужчин и женщин совпадал в отношении головных болей и различался в отношении патологий зрения и потребления алкоголя. Обнаружены также маркерные свойства групп крови у женщин в отношении аллергических и сердечно-сосудистых заболеваний и патологий желудочно-кишечного тракта.

**Ключевые слова:** группы крови АВ0, резус-фактор, патология, генетические маркеры

**ВВЕДЕНИЕ**

Поиск и анализ ассоциаций различных генетических маркеров с заболеваниями весьма актуальны и перспективны, так как это дает возможность судить об участии наследственных факторов в развитии того или иного заболевания [1, 2]. В свою очередь, частота встречаемости подобных ассоциаций указывает на значимость данного признака в развитии патологического процесса. Вместе с тем такие исследования позволяют выявить среди населения группы лиц с фенотипами повышенного риска к отдельным заболеваниям, а это дает возможность разработки системы профотбора и определения мер профилактики [3, 4].

Групповая принадлежность крови человека, в числе прочих факторов, также может являться фактором риска в развитии у человека различных заболеваний, в том числе, таких как инфаркт миокарда и ишемический инсульт [1, 5–7], патологии органов дыхания [8] и др. Интерес к проблеме породил массу исследований в данном направлении.

Вместе с тем, полученные результаты часто оказываются в достаточной степени противоречивыми. Это породило некоторый скепсис в отношении прогностической ценности генетических маркеров для выявления предрасположенностей к патологиям. Тем не менее, в подобных исследованиях, как правило, не учитывается влияние факторов окружающей среды.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор материала проводили путем анкетирования. Проанализированы анкеты 177 человек в возрасте от 17 до 65 лет. Связи между генетическими маркерами (группа крови в системе АВ0 и резус фактор) и наличием той или иной патологии выявляли и оценивали с использованием коэффициента ассоциации Пирсона [9]. Выборки мужчин и женщин анализировали отдельно. Учитывали такие характеристики здоровья и патологии, как: зрение, склонность к депрессиям, метеочувствительность, головные боли, респираторные заболевания, аллергии, заболевания сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта, а также отношение к алкоголю, табакокурению и предпочтениям в питании.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что в отношении некоторых патологий исследуемые генетические маркеры у обоих полов проявляли одинаковые прогностические тенденции, а в отношении других – разные. Так, не смотря на то, что головные боли чаще встречались у женщин, у обоих полов они значимо реже наблюдались у людей с четвертой группой крови (рис. 1).

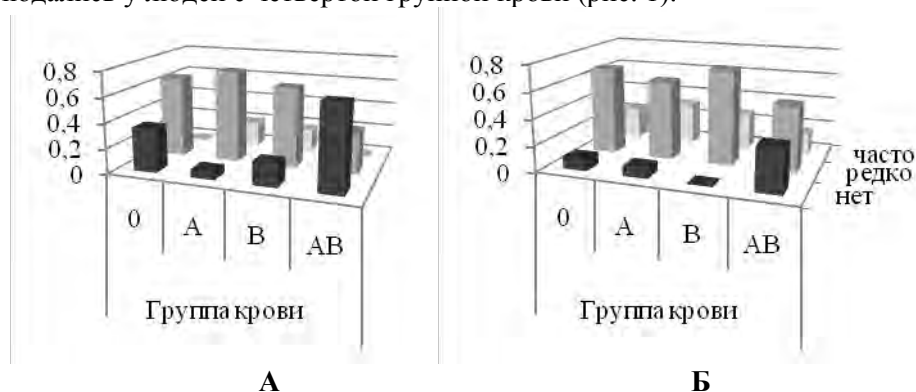


Рис. 1. Распространенность головных болей разной степени выраженности среди мужчин (А) и женщин (Б) разных групп крови в Крыму: признак отсутствия головных болей ассоциирован с группой крови АВ(IV), у мужчин  $R=0,302$ ;  $\chi^2= 4,73$ ;  $P<0,05$ ; у женщин  $R=0,214$ ;  $\chi^2= 4,59$ ;  $P<0,05$

Группы крови по-разному маркируют патологии зрения у мужчин и женщин: дальнозоркость встречается чаще, чем ожидается у мужчин с группой крови А(II), а близорукость – у женщин с группой крови АВ(IV) (рис. 2). Кроме того, женщины с четвертой группой крови меньше других потребляют алкоголь ( $R=0,216$ ;  $\chi^2= 4,63$ ;  $P<0,05$ ), тогда как мужчины с той же группой крови, наоборот, потребляют алкоголь больше других ( $R=0,354$ ;  $\chi^2= 7,00$ ;  $P<0,01$ ).

Данные о связи групп крови с теми или иными патологиями человека, полученные разными исследователями, часто противоречивы. Так, по результатам одних исследований с хронической обструктивной болезнью легких связана группа

крови А(II), а по данным других – В(III) и, в то же время, обладатели группы крови 0(I) менее других подвержены этой болезни [8, 10].

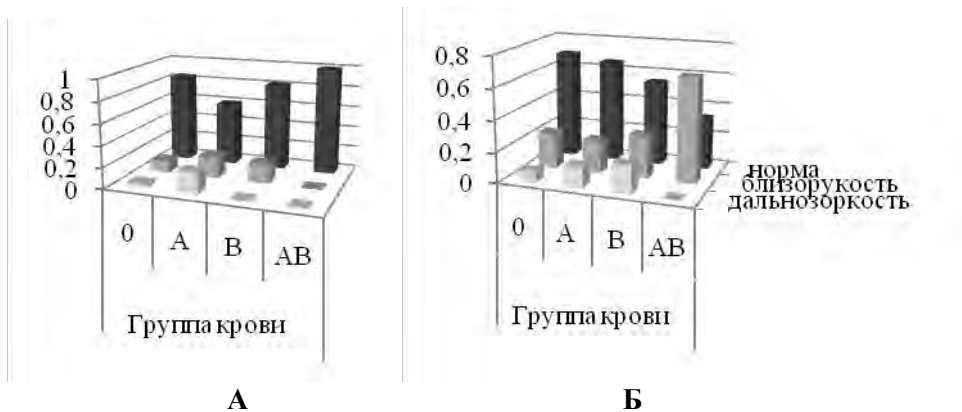


Рис. 2. Распространенность патологий зрения среди мужчин (А) и женщин (Б) разных групп крови в Крыму: у мужчин дальнозоркость ассоциирована с группой крови А(II)  $R=0,305$ ;  $\chi^2= 5,41$ ;  $P<0,05$ ; у женщин близорукость ассоциирована с группой крови АВ(IV)  $R=0,233$ ;  $\chi^2= 5,38$ ;  $P<0,05$

При анализе подобных данных может сложиться впечатление о низкой эффективности и нецелесообразности используемого подхода. Однако, следует отметить, что исследования проводились в разных популяциях человека, и при этом авторы не разделяли исследуемые выборки по полу (за исключением шахтеров). Органические патологии же, как и любые другие фенотипические признаки организма, являются результатом взаимодействия генотипа и окружающей среды.

Таким образом, данные о маркирующих эффектах тех или иных генов носят локальный характер и в пределах каждой территории требуют углубленного изучения в отношении различных внутривнутрипопуляционных группировок. Базы подобных локально привязанных данных, безусловно, будут весьма полезны для прогнозов заболеваемости населения.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. И у мужчин и у женщин группа крови АВ(IV) маркировала отсутствие головных болей, тогда как маркирующий эффект групп крови в отношении патологий зрения и потребления алкоголя у мужчин и женщин различался.
2. Женщины с третьей группой крови были больше подвержены аллергиям и патологиям желудочно-кишечного тракта. А четвертая группа крови маркировала у них патологии сердечно-сосудистой системы.
3. У женщин с отрицательным резус фактором чаще обнаруживалась близорукость и метеочувствительность и реже – патологии сердечно-сосудистой системы. У мужчин с отрицательным резус фактором значительно чаще наблюдались сильные аллергические реакции.

4. Данные о маркирующих эффектах групп крови носят локальный характер и в пределах каждой территории требуют углубленного изучения в отношении различных внутривнутрипопуляционных группировок.

#### **Список литературы**

1. Дранник Г. Н. Генетические системы крови человека и болезни / Г. Н. Дранник, Г. М. Дизик. – Киев, 1990. – 197 с.
2. Кузнецов М. Ф. Генетический скрининг маркеров индивидуальной чувствительности к действию биологических факторов / М. Ф. Кузнецов, В. Г. Артамонова // Медицина труда и промышленная экология. – 1993. – № 9–10. – С. 12–15.
3. Артамонова В. Г. Профессиональные болезни. / Артамонова В. Г. – М., 1996. – 431 с.
4. Дидковский Н. А. Наследственные факторы и местная защита при неспецифических заболеваниях легких / Н. А. Дидковский, Л. И. Дворецкий. – М., 1990. – 224 с.
5. Мешалкин Е. Н. Группы крови систем АВО и Rh у больных сердечно-сосудистой патологией / Е. Н. Мешалкин, Г. Н. Окунева, Ю. А. Власов [и др]. // Кардиология. – 1981. – №4. – С.46–50.
6. Группы крови АВО как фактор риска ишемической болезни сердца и артериальной гипертензии у различных этнических популяций / М. Б. Рафалович, А. М. Мазурова, М. Н. Минаева, Г. А. Бессонова, Н. И. Зильберт, Г. Т. Тарала, Л. Г. Ледуховская / Врачебное дело. – 1980. – №9. – С. 72–75.
7. Чиныбаева А. А. Распределение эритроцитарных антигенов у больных с церебральным инсультом / А. А. Чиныбаева // Журнал Неврологии и Психиатрии. – 2005. – №13. – С. 55–57.
8. Семёнова Н. С. Факторы риска развития хронической обструктивной болезни легких / Н. С. Семёнова, Н. М. Балабина // Сибирский медицинский журнал. – 2007. – №5. – С. 8–11.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия. / Лакин Г.Ф. – М.: Высш. шк, 1980. – 293 с.
10. Романцов М. Г. Часто болеющие дети – актуальные аспекты повторной респираторной заболеваемости / М. Г. Романцов, В. В. Ботвиньева– М., 1996. – 90 с.
11. Голубков В. В. К вопросу о зависимости риска развития ишемического инсульта от группы крови по системе АВО / В. В. Голубков // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2012. – № 6. – С. 92–94.
12. Патент RU 2224466 С1 Российская федерация (2002) А61В10/00 Способ прогнозирования риска развития ишемической болезни сердца у шахтеров с хроническим пылевым бронхитом, Филимонов С. Н.; Станкевич Н. Г.; Разумов В. В.; Панев Н. И., патентообладатель Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей. – № 2002120782/15; заяв. 22.07.2002; опубл. 27.02.2004.

### **BLOOD TYPE AND RHESUS FACTOR, AS MARKERS OF SUSCEPTIBILITY TO SOME PATHOLOGIES IN THE CRIMEAN POPULATION**

*Ivenkova A. I., Romanova D. V.*

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation  
E-mail: [dasha\\_romanova777@mail.ru](mailto:dasha_romanova777@mail.ru)*

The marking effect of AB0 and Rh blood types were investigated at pathologies and in a norm among the men and women in age from 17 to 65 years, resident in territory of the Crimea. The marking effect for men and women coincided in regard to head pains and differentiated in regard to eye pathologies and consumption of alcohol. The blood types



were found to mark allergic and cardio-vascular diseases and gastro-enteric pathologies in women.

**Keywords:** blood of Av0 types, rhesus-factor, pathology, genetic markers.

#### References

1. Drannik G. N., Dizik G. M. *Genetic blood system of the person and the disease*, 197 (Kiev, 1990).
2. Kuznetsov M. F., Artamonov V. G. Genetic screening markers of individual sensitivity to the action of biological factors, *Occupational Medicine and Industrial Ecology*, **9-10**, 12 (1993).
3. Artamonov V. G. *Occupational diseases*, 431 p. (M., 1996).
4. Didkovskiy N. A., Butler L. I. *Hereditary factors and local protection for non-specific lung diseases*, 224 p. (M., 1990).
5. Meshalkin E. N., Okunev G. N., Vlasov Yuri et al. Blood groups ABO and Rh systems in patients with cardiovascular disease, *Cardiology*, **4**, 46 (1981).
6. Rafalovich M. B., Mazurova A. M., Minaev M. N., Bessonova G. A., Zilbert N. I., Tara G. T., Leduhovskaya L. G. ABO blood groups as a risk factor for coronary heart disease and hypertension in different ethnic populations, *Physician job*, **9**, 72 (1980).
7. Chinybaeva A. A. Distribution of erythrocyte antigens in patients with cerebral stroke, *Journal of Neurology and Psychiatry*, **13**, 55 (2005).
8. Semenova N. S., Balabina N. M. Risk factors for chronic obstructive pulmonary disease, *Siberian Medical Journal*, **5**, 8 (2007).
9. Lakin G. F. *Biometriya*, 293 p (M.: Higher. wk, 1980).
10. Romantsov M. G., Botvineva V. V. *Often ill children – relevant aspects of repeated respiratory disease*, 90 p. (M., 1996).
11. Golubkov V. V. On the question of the dependence of the risk of ischemic stroke from blood group ABO system on, *Journal scientific publications graduate and doctoral students*, **6**, 92 (2012).
12. Patent RU 2224466 C1, Russian Federation (2002) A61B10 / 00 risk prediction method of coronary heart disease in miners with chronic dust bronchitis, Filimonov S. N.; Stankevich N. G.; Razumov V. V.; Panev N.I., patent Novokuznetsk State Institute of Advanced Medical. - № 2002120782/15; appl. 22.07.2002; publ. 27.02.2004.

УДК 595.44 (477.75)

**ВИКАРИРОВАНИЕ В КРЫМУ ДВУХ БЛИЗКИХ ВИДОВ ПАУКОВ РОДА  
*PHILODROMUS* WALCKENAER, 1826: *P. ALBIDUS* KULCZYNSKI, 1911 И  
*P. RUFUS* WALCKENAER, 1826 (ARANEI, PHILODROMIDAE)**

*Кастрыгина З. А.<sup>1</sup>, Ковблюк Н. М.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

<sup>2</sup>*Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН, Феодосия, Республика Крым, Россия  
E-mail: kovblyuk@mail.ru*

В Крыму зарегистрированы два близкие и трудно различимые вида пауков рода *Philodromus*: *P. albidus* (Kulczynski, 1911) и *P. rufus* (Walckenaer, 1826). *P. albidus* отмечен впервые для Крыма и Украины. Для обоих видов приведены сравнительные диагностические рисунки, распределение по ландшафтным зонам Крыма и сезонная динамика активности половозрелых особей.

**Ключевые слова:** пауки, *Philodromus*, викарирование, ландшафтное распределение, фенология, Крым.

**ВВЕДЕНИЕ**

Данная статья продолжает серию наших работ [1, 2], посвящённых паукам семейства Philodromidae Thorell, 1870 Крыма. Philodromidae – крупное семейство, включающее 30 родов и 542 вида [3]. Род *Philodromus* Walckenaer, 1826 – самый большой в семействе Philodromidae. Он содержит 243 вида. Большинство видов обитает в Голарктике [3].

По современным таксономическим представлениям, род *Philodromus* – полифилетический. Он содержит не родственные виды, которых объединяет только сходный внешний облик. Недавно *Philodromus* был разделён на ряд самостоятельных родов [4]. Корректность такого деления обсуждалась нами ранее [2]. В данной работе мы рассматриваем два близких и трудно различимых вида из Крыма: *Philodromus albidus* Kulczynski, 1911 и *P. rufus* Walckenaer, 1826. По представлениям Йорга Вундерлиха [4], рассматриваемые виды относятся к роду *Tibellomimus* Gertsch, 1933. Однако здесь мы не обсуждаем классификацию на родовом уровне и поэтому, в соответствии с Каталогом пауков мира [3], считаем их относящимися к «сборному» роду *Philodromus sensu lato*.

До сих пор с территории Крымского полуострова отмечался только один из двух упомянутых видов, а именно, *Philodromus rufus* [5-20]. Другой, близкий к нему вид, *P. albidus* в Крыму не регистрировался. Изучение коллекционных материалов показало, что на территории Крыма обитают оба вида. Мы уже сталкивались с подобными ситуациями, когда изначально предполагалось, что в Крыму обитает

один вид, а детальное исследование материала выявляло обитание на полострове пары близких трудно различимых викарирующих видов, например, *Agelena orientalis* C.L. Koch, 1837 и *A. labyrinthica* (Clerck, 1757) из семейства Agelenidae [21], *Alopecosa beckeri* (Thorell, 1875) и *A. taeniopus* (Kulczynski, 1895) из семейства Lycosidae [22], *Pisaura mirabilis* (Clerck, 1757) и *P. novicia* (L. Koch, 1878) из семейства Pisauridae [23]. Поэтому было интересно выяснить, каким образом очень близкие виды *Philodromus albidus* и *P. rufus* сосуществуют в Крыму. Обитают они симпатрически или аллопатрически? Викарируют ли они по высотным поясам / ландшафтным зонам и/или биотопам? Разделены ли они фенологически, по периодам активности половозрелых особей и сезону размножения?

Основная цель данной работы – выяснить распространение *Philodromus albidus* и *P. rufus* в пределах Крыма, их распределение по высотным (ландшафтным зонам) полуострова и особенности их викарирования в пределах полуострова.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Весь изученный материал хранится в Национальной арахнологической коллекции в Таврическом национальном университете им. В. И. Вернадского (ныне – «Таврическая академия Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского»), куратор Н. М. Ковблюк. В списках материала после официального акронима коллекции (TNU) приведены инвентарные номера экземпляров.

Рисунки выполнены через сетку окуляра-микрометра на микроскопе МБИ-3 и на стереомикроскопе МБС-10 с 2-кратной насадочной линзой. Рисунки эпигины сделаны после её мацерации в водном растворе КОН 20 %. Масштабная линейка на рисунках равна 0,1 мм, за исключением рисунков тотального вида, где она равна 1 мм.

Для обозначения деталей копулятивных органов использована терминология работ Almquist [24], Muster et al. [25–27], Wunderlich [4]. Пальпа самца: *Col* – склеротизированная часть кондуктора (sclerotised part of conductor); *Cy* – цимбиум (cymbium); *E* – эмболюс (embolus); *PTA* – филодромидный тегулярный отросток (philodromid tegular apophysis); *RTA* – ретролатеральный отросток голени (retrolateral tibial apophysis); *SD* – петля семенного канала (sperm duct loop); *Te* – тегулюм (tegulum); *VTA* – вентральный отросток голени (ventral tibial apophysis). Эпигина: *CD* – копулятивный канал (copulatory duct); *EG* – ямка эпигины (epigynal groove); *FD* – оплодотворительный канал (fertilisation duct); *GH* – головка железы (glandular head); *GM* – железистый бугорок (glandular mound); *MS* – медиальный септум (median septum); *R* – рецептакула (receptaculum).

Для каждого вида даны ссылки только самые важные публикации, где приводятся сравнительные диагностические рисунки обоих видов. Полный список ссылок на все существующие описания / переописания можно найти в Каталоге пауков мира [3].

ОБЗОР ВИДОВ

*Philodromus albidus* Kulczynski, 1911

Рис. 1-3, 7-8, 11-12, 15-16.

*Philodromus a.*: Segers [28]: 39, f. 3-6 (♀, D♂).

*Philodromus a.*: Heimer & Nentwig [29]: 458, f. 1215 (♂♀).

*Philodromus a.*: Roberts [30]: 185, f. (♂♀).

*Tibellomimus a.*: Wunderlich [4]: 53, f. 41-43 (♂♀).

МАТЕРИАЛ. **Крым**: Бахчисарайский р-н., Крымский заповедник: 2 ♀♀ (TNU-1202/1), 3 км СВ кордона «Зубровая поляна», кордон «Олень», кошение, 15.06.2000, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-1039/15), кордон «Гарьер», кошение, 30.06.2001, Н.М. Ковблюк; Симферопольский р-н.: 1 ♂ (TNU), окр. с. Ферсманово, 3.06.2015, З.А. Кастрыгина.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ. **Адыгея**: 2 ♂♂, 1 ♀ (TNU-2717/21), окр. станицы Даховская, долина р. Белая, N44°15', E40°12', 400-582 м, лес и луговая степь, 17-20.06.2009, Н.М. Ковблюк.

ДИАГНОЗ. *Philodromus albidus* наиболее похож на *P. rufus*, но отличается от него формой ретролатерального отростка голени пальпы самца (у *P. rufus* согнут под тупым углом, а у *P. albidus* – под прямым – ср. Рис. 1 и 4, 3 и 6), формой тегулюма (более широкий у *P. rufus* – ср. Рис. 2 и 5), длиной эмболуса (у *P. rufus* – более длинный и выступает за край цимбиума, у *P. albidus* – короче, и за край цимбиума не выступает – ср. Рис. 2 и 5), длиной каналов эпигины (у *P. rufus* – более короткие и не достигают переднего края ямки эпигины, а у *P. albidus* – длиннее, заходят вперёд дальше, чем передний край ямки эпигины – ср. Рис. 7 и 9).

ОПИСАНИЕ. Вид хорошо описан в работе Segers [28].

АРЕАЛ. Западно-палеарктический неморально-субтропический: от Португалии на западе, до Кавказа на востоке и от Великобритании на севере до Греции и Турции на юге [19, 31-32].

ЗАМЕЧАНИЕ. Вид отмечается впервые для Крыма и Украины.

МЕСТООБИТАНИЯ. Поляны во влажных неморальных лесах.

ФЕНОЛОГИЯ. В Крыму ♂♀ – VI (Рис. 16). В Адыгее тоже: ♂♀ – VI. В Великобритании пик активности половозрелых особей также приходится на июнь [33].

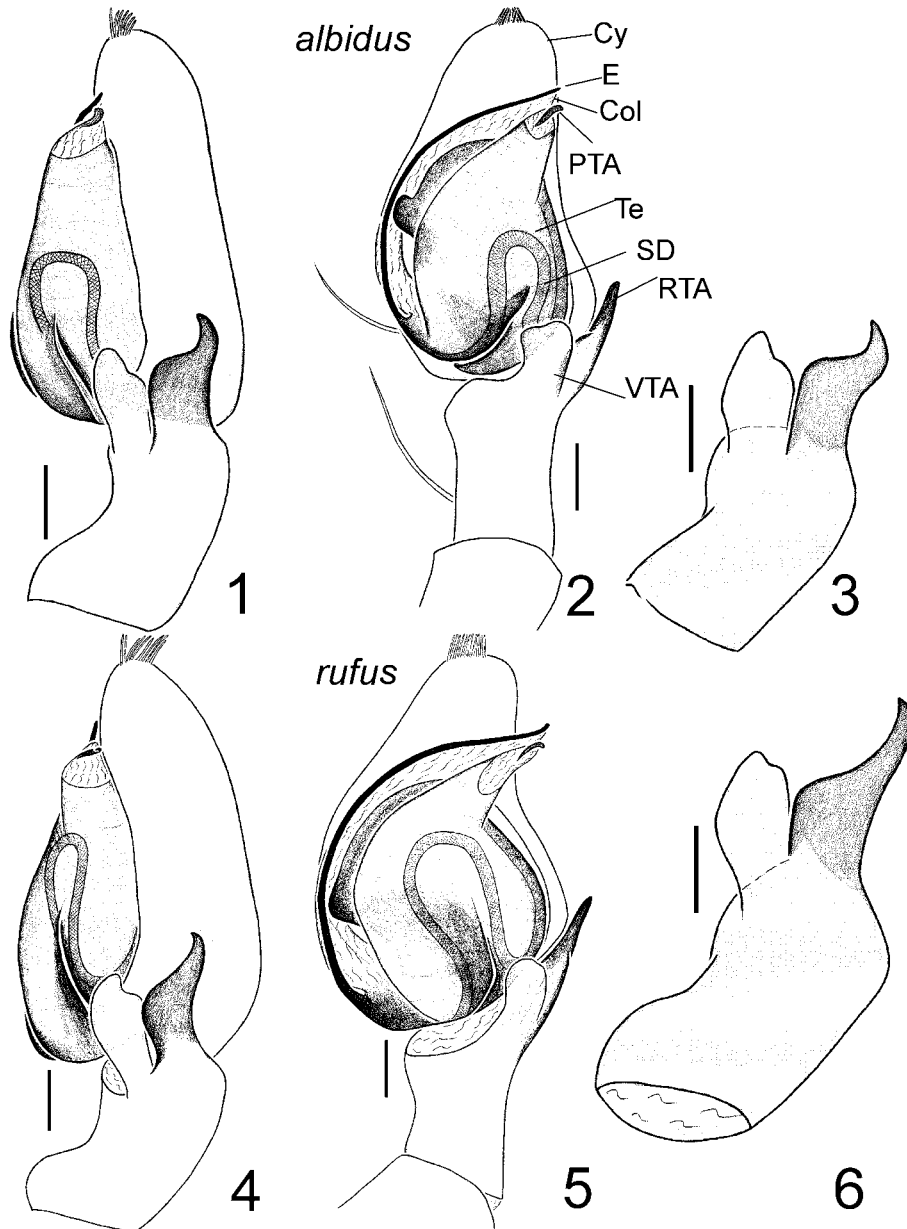


Рис. 1-6. Самцы *Philodromus albidus* (1-3) и *P. rufus* (4-6): 1, 4 – пальпа ретролатерально; 2, 5 – пальпа вентрально; 3, 6 – голень ретролатерально. Масштаб 0.1 мм. Обозначения: *Col* – склеротизированная часть кондуктора; *Cy* – цимбиум; *E* – эмболюс; *PTA* – филодромусный тегулярный отросток; *RTA* – ретролатеральный отросток голени; *SD* – петля семенного канала; *Te* – тегулюм; *VTA* – вентральный отросток голени.

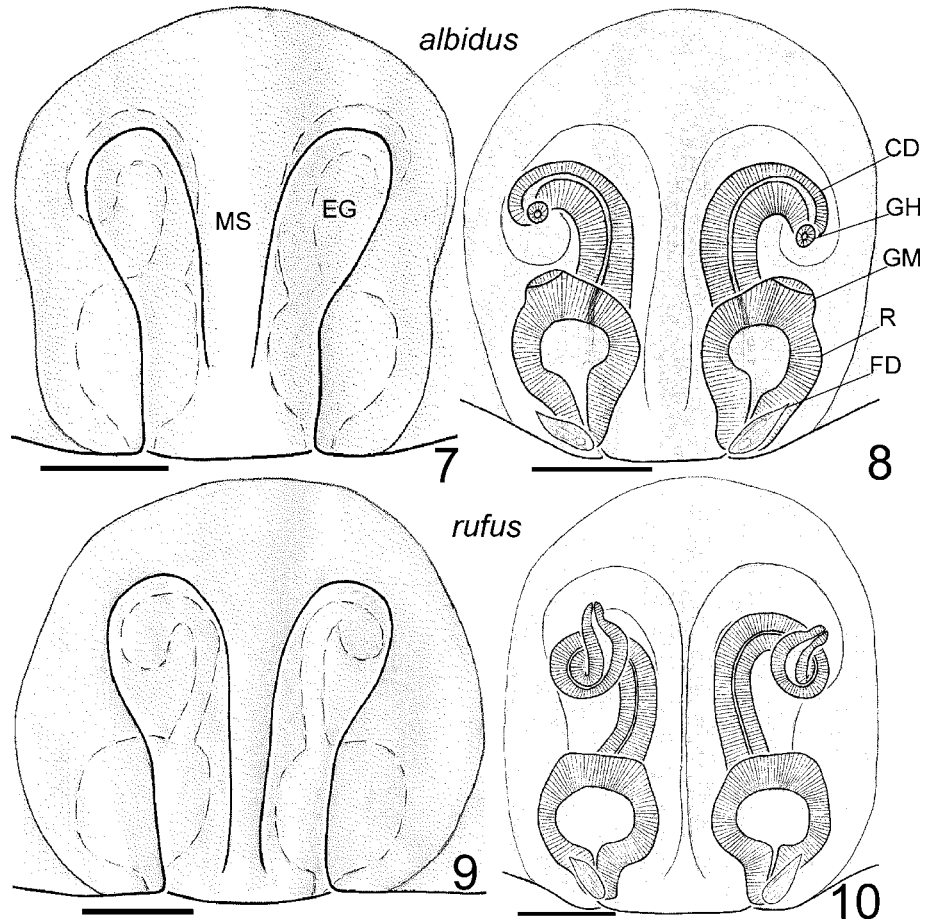


Рис. 7-10. Самки *Philodromus albidus* (7-8) и *P. rufus* (9-10): 7, 9 – вентрально; 8, 10 – дорсально. Масштаб 0.1 мм. Обозначения: *CD* – копулятивный канал; *EG* – ямка эпигины; *FD* – оплодотворительный канал; *GH* – головка железы; *GM* – железистый бугорок; *MS* – медиальный септум; *R* – рецептакула.

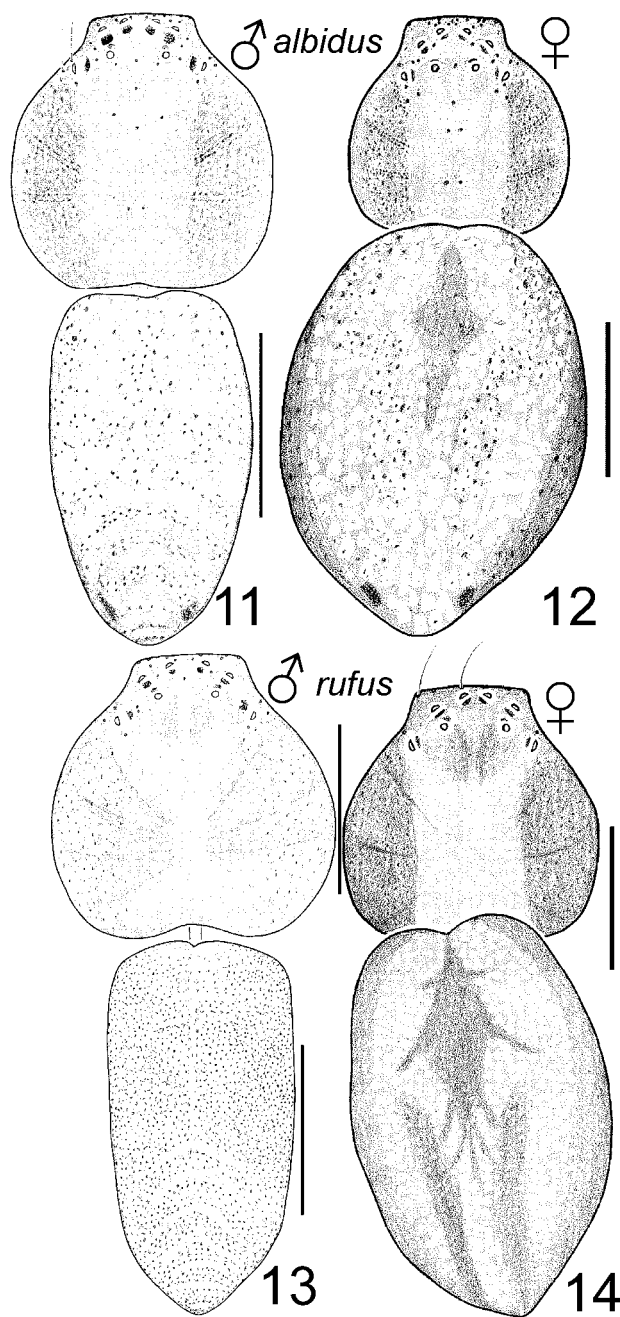


Рис. 11-14. Дорсальные ракурсы: *Philodromus albidus* (11-12) и *P. rufus* (13-14): 11, 13 – самцы; 12, 14 – самки. Масштаб 1 мм.

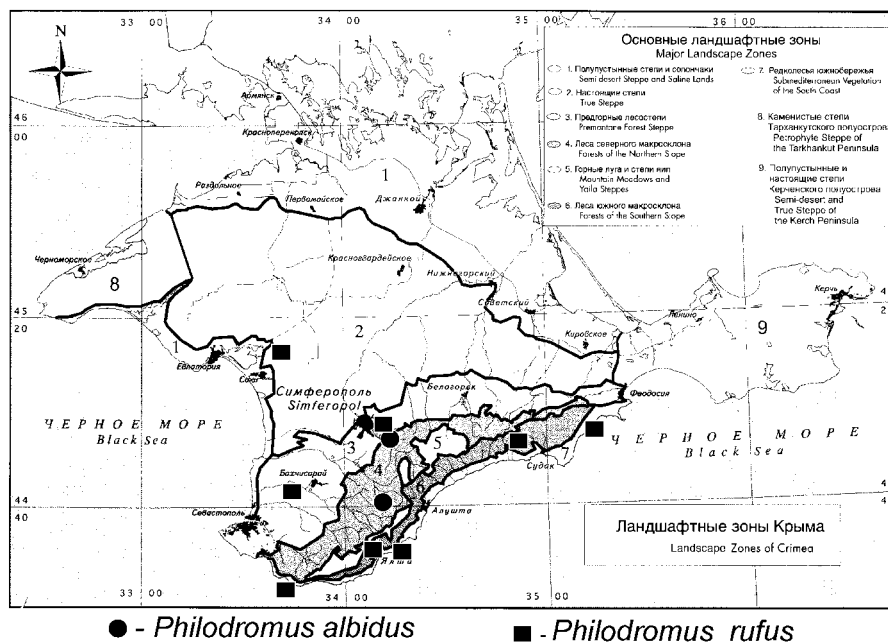


Рис. 15. Карта распространения *Philodromus albidus* (кружок) и *P. rufus* (квадратик) в Крыму по материалам коллекции. Один значок может соответствовать нескольким точкам находок, расположенным рядом.

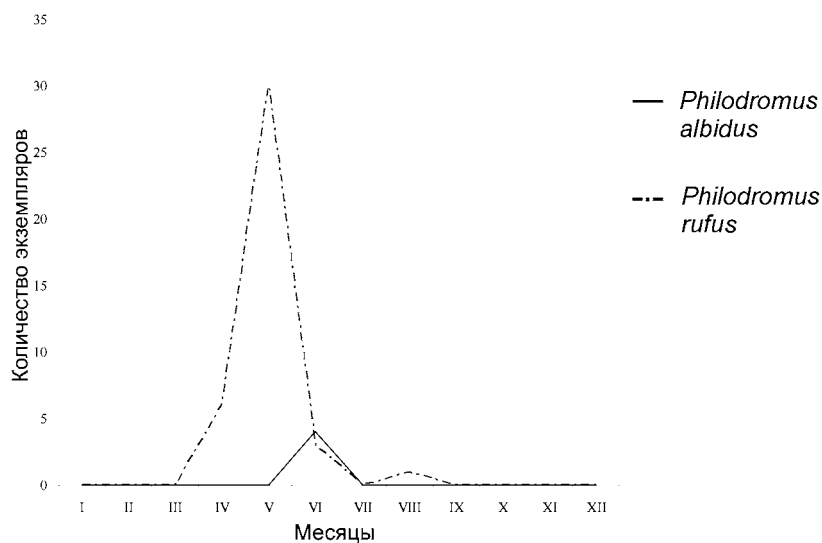


Рис. 16. Сезонная динамика активности взрослых особей *Philodromus albidus* и *P. rufus* в Крыму по материалам коллекции.



*Philodromus rufus* Walckenaer, 1826

Рис. 4-6, 9-10, 13-16.

*Philodromus r.*: Segers [28]: 38, f. 1-2, 7 (♂♀).

*Philodromus r.*: Heimer & Nentwig [29]: 458, f. 1214 (♂♀).

*Philodromus r.*: Roberts [30]: 186, f. (♂♀).

*Philodromus r.* Almquist [24]: 468, f. 400a-d (♂♀).

*Tibellomimus r.* Wunderlich [4]: 54, f. 44-45 (♂).

МАТЕРИАЛ. **Крым:** Бахчисарайский р-н.: 4 ♂♂ (TNU-26/3), с. Краснорозье, 1.05.2007, А.А. Надольный; Сакский р-н.: 1 ♀ (TNU), окрестности с. Шелковичное, 30.05.1998, М.В. Ончуров; 1 ♀ (TNU), дорога между с. Шелковичное и с. Весёлое, 30.05.1998, М.В. Ончуров; Севастопольский р-н.: 1 ♀ (TNU), мыс Сарыч, 2.07.1997, Н.М. Ковблюк; Симферопольский р-н.: 1 ♀ (TNU-2216/6), окр. Симферопольского водохранилища, Нижняя Биополяна, каменистая степь, кошение, 4.06.2001, Н.М. Ковблюк; Судакский р-н.: 2 ♂♂ (TNU-2682/6), 10 км 3 г. Судак, с. Междуречье, парк, 7.05.2010, М.К. Юсуфова; 1 ♂ (TNU-2687/9), там же, поляна, 13.05.2010, М.К. Юсуфова; 1 ♀ (TNU-2695/6), там же, виноградник, 28.05.2010, М.К. Юсуфова; Феодосийский р-н., Карадагский природный заповедник: 1 ♀ (TNU-2607/4), хр. Карагач, можжевельник высокий, отряхивание крон, 16.05.2008, А.А. Надольный; 2 ♂♂ (TNU-2578/7), г. Малый Карадаг бл. род. Гяур-Чешме, лес из дуба пушистого и скального с ясенем, клёном и можжевельником высоким, отряхивание крон, 17.05.2008, А.А. Надольный; 1 ♀ (TNU-2588/7), хр. Лобовой и Карадагская долина, ковыльно-разнотравная степь, кошение, 23.05.2008, А.А. Надольный; 1 ♀ (TNU-2619/8), Биостанция, ночной сбор, 25.05.2008, А.А. Надольный; 1 ♀ (TNU-2650/11), Биостанция, ночной сбор, 2.06.2008, А.А. Надольный; 1 ♀ (TNU-3224/9), Биостанция, г. Молла-Гасан-Кая (= г. Медовая), 6-15.08.2008, О.В. Кукушкин; 1 ♀ (TNU-3166/7), Северный пер., N44°56'14,6", E35°13'19,4", 297 м, лес из дуба скального с кизилом, 11 ловушек Барбера, 24.05.-7.06.2008, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-3281/17), Биостанция, 26.04.-17.05.2009, О.В. Кукушкин; 1 ♂ (TNU-3278/7), Биостанция, 18-31.05.2009, О.В. Кукушкин; Ялтинский р-н.: 1 ♀ (TNU-2535/2), Ялтинский горно-лесной природный заповедник выше улицы Мисхорская, 8.06.2002, Н.М. Ковблюк; 2 ♀♀ (TNU-2435/1), там же, 25.05.2003, Н.М. Ковблюк; 5 ♂♂ (TNU-2340/13), заповедник Мыс Мартьян, кошение, 30.04.2007, Н.М. Ковблюк; 5 ♂♂ (TNU-2343/9), там же, шибляк из дуба пушистого, можжевельников высокого и колючего, земляничника мелкоплодного с иглицей и ладанником, кошение, 6.05.2007, Н.М. Ковблюк; 1 ♂ (TNU-2348/7), там же, пляж, кошение, 13.05.2007, Н.М. Ковблюк; 1 ♀ (TNU-2349/23), там же, кошение, 13.05.2007, Н.М. Ковблюк; 4 ♀♀ (TNU-2352/22), там же, кошение, 28.05.2007, Н.М. Ковблюк.

ДИАГНОЗ. См. диагноз *P. albidus*.

ОПИСАНИЕ. Это хорошо известный вид, детально описанный в работе Almquist [24] и многих других (см. WSC [3]).

АРЕАЛ. Циркум-голарктический полизональный [20].

МЕСТООБИТАНИЯ. Леса, редколесья, парки, поляны, луга, степи, виноградники.

ФЕНОЛОГИЯ. В Крыму ♂♂ – V; ♀♀ – IV-VI, VIII; пик активности – в мае (Рис. 16). В Испании пик активности *P. rufus* наблюдается тоже в мае [34].

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее нами было показано, что в Крыму встречается три способа (варианта) викарирования таксономически близких и трудно различимых («парных») видов пауков: 1) по высотным поясам – один занимает верхние пояса, а другой – нижние пояса; 2) по биотопам – один занимает открытые биотопы (степи, луга, пустоши), а другой – затенённые (леса, опушки и редколесья); 3) по фенологии – пик активности половозрелых особей и, соответственно, период размножения, приходится на разные сезоны. Три способа викарирования могут встречаться отдельно, а могут и сочетаться [35].

Установлено, что *Philodromus albidus* и *P. rufus* в пределах Крыма замещают друг друга в разных ландшафтных зонах (викарируют по высотным поясам). *P. albidus* обитает во влажных неморальных (широколиственных) лесах северного макросклона, а *P. rufus* – в настоящих степях, предгорных лесостепях, лесах южного макросклона и субсредиземноморских редколесьях южного бережья (Рис. 15). В то же время, чёткого и однозначного разделения этих двух видов по предпочитаемым биотопам или по сезонам активности нами не выявлено.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлен факт одновременного обитания в Крыму двух таксономически близких и трудно различимых видов пауков: *Philodromus albidus* Kulczynski, 1911 и *P. rufus* Walckenaer, 1826.
2. Вид *Philodromus albidus* зарегистрирован впервые для Крыма и Украины.
3. Установлено, что *Philodromus albidus* и *P. rufus* в пределах Крыма замещают друг друга в разных ландшафтных (высотных) зонах. *P. albidus* обитает в неморальных (широколиственных) лесах северного макросклона, а *P. rufus* – в настоящих степях, предгорных лесостепях, лесах южного макросклона и субсредиземноморских редколесьях южного бережья.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают огромную благодарность А. А. Надольному (Севастополь), О. В. Кукушкину (Карадагский природный заповедник), М. В. Ончурову (Симферополь), М. К. Юсуфовой (Междуречье, Судак) за сбор экземпляров, которые использованы в данном исследовании. Английское резюме отредактировал П. Е. Гольдин (Киев), за что мы ему в высшей степени признательны.

#### Список литературы

1. Kastyrygina Z. A. A review of the spider genus *Thanatus* C. L. Koch, 1837 in Crimea (Aranei: Philodromidae) / Z. A. Kastyrygina, M. M. Kovblyuk // *Arthropoda Selecta*. – 2013. – Vol. 22. – No. 3. – P. 239–254.

2. Kastrygina Z. A. The spider genus *Pulchellodromus* Wunderlich, 2012 in the Crimea (Aranei: Philodromidae) / Z. A. Kastrygina, M. M. Kovblyuk // *Arthropoda Selecta*. – 2014. – Vol. 23. – No. 3. – P. 279–283.
3. World Spider Catalog. Natural History Museum Bern, 2016. Database. Version 17.0 (accessed on 29.01.2016). 2016, www.wsc.nmbe.ch.
4. Wunderlich J. Contribution to taxonomy and evolution of the european genera of the spider family Philodromidae (Araneae) / J. Wunderlich // *Beiträge zur Araneologie*. – 2012. – Vol. 7. – P. 25–56.
5. Kulczyński W. Araneae a Dre G. Horvath in Bessarabia, Chersoneso Taurico, Transcaucasia et Armenia Russica collectae / W. Kulczyński // *Termesztetrajzi Füzetek*. – 1895. – 18. – P. 3–39.
6. Спасский С. А. Материалы к фауне пауков Таврической губернии / С. А. Спасский // *Известия Донского института сельского хозяйства и мелиорации*. – 1927. – 7. – С. 66–80.
7. Харитонов Д. Е. Каталог русских пауков / Д. Е. Харитонов [Приложение к т. 32 Ежегодника зоологического музея]. – Ленинград: Издательство Академии наук СССР, 1932. – С. 1–206.
8. Харитонов Д. Е. Дополнение к каталогу русских пауков / Д. Е. Харитонов // *Учёные записки Пермского университета*. – 1936. – 2(1). – С. 167–225.
9. Буковский В. И. Население беспозвоночных Крымского букового леса (Биоценологический очерк) / В. И. Буковский // *Труды Крымского госзаповедника*. – 1936. – Вып. 1. – С. 3–103.
10. Буковский В. И. Население беспозвоночных, преимущественно вредителей листвы дуба в лесах Крымского заповедника / В. И. Буковский // *Труды Крымского государственного заповедника*. – 1940. – Вып. 2. – С. 39–169.
11. Charitonov D. E. Contribution to the fauna of Crimean spiders / D. E. Charitonov // *Festschrift zum 60 Geburtstag von Professor Dr. Embrik Strand*. – 1937. – Vol. 3. – С. 127–140.
12. Толстова Ю. С. Действие химических средств защиты растений на фауну членистоногих плодового сада. 1. Долговременное воздействие пестицидов на агроценоз / Ю. С. Толстова, Н. М. Атанов // *Энтомологическое обозрение*. – 1982. – 61(3). – С. 441–453.
13. Mikhailov K. G. Catalogue of the spiders of the territories of the former Soviet Union (Arachnida, Aranei) / K. G. Mikhailov. – Moscow, Zoological Museum of the Moscow State University, 1997. – P. 1–416.
14. Mikhailov K. G. Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of the territories of the former Soviet Union. Addendum 1 / K. G. Mikhailov. – Moscow, KMK Scientific Press Ltd, 1998. – P. 1–50.
15. Ковблюк Н. М. Каталог пауков (Arachnida: Aranei) Крыма / Н. М. Ковблюк // *Вопросы развития Крыма. Научно-практический дискуссионно-аналитический сборник, (15) (Проблемы инвентаризации крымской биоты)*. – Симферополь: Таврия-Плюс, 2004. – С. 211–262.
16. Ковблюк Н. М. Пауки (Arachnida, Aranei) заповедника Мыс Мартыан (Крым, Украина) / Н. М. Ковблюк, А. А. Надольный, В. А. Гнелица [и др.] // *Кавказский энтомологический бюллетень*. – 2008. – Том 4, Вып. 1. – С. 3–40.
17. Ковблюк Н. М. Предварительные данные о пауках (Arachnida, Aranei) Ялтинского горно-лесного природного заповедника (Крым) / Н. М. Ковблюк // *Учёные записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*. – Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (4). – С. 82–97.
18. Ковблюк Н. М. Новые данные о пауках (Arachnida: Aranei) Крымского природного заповедника (Крым) / Н. М. Ковблюк // *Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского*. – Серия «Биология, химия». – 2013. – Т. 26 (1). – С. 61–79.
19. Mikhailov K. G. The spiders (Arachnida, Aranei) of Russia and adjacent countries: a non-annotated checklist / K. G. Mikhailov // *Arthropoda Selecta*. – 2013. – Supplement No.3. Moscow, KMK Scientific Press Ltd. – 262 p.
20. Ковблюк Н. М., Обновлённый каталог пауков (Arachnida, Aranei) Крыма / Ковблюк Н. М., З. А. Кастрыгина // *Українська ентомофауністика*. – 2015. – Том 6, № 2. – С. 1–81.
21. Kovblyuk M. M. On two closely related funnel-web spider species, *Agelena orientalis* C.L. Koch, 1837, and *A. labyrinthica* (Clerck, 1757) (Aranei, Agelenidae) / M. M. Kovblyuk, Z. A. Kastrygina // *Arthropoda Selecta*. – 2011. – Vol. 20, No. 4. – P. 273–282.
22. Nadolny A. A. On two closely related wolf spider species *Alopecosa beckeri* (Thorell, 1875) and *A. taeniopus* (Kulczynski, 1895) (Aranei, Lycosidae) / A. A. Nadolny, M. M. Kovblyuk // *Arthropoda Selecta*. – 2010. – Vol. 19, No. 4. – P. 237–247.

23. Nadolny A. A. New data on *Pisaura novicia* (Aranei: Pisauridae) from eastern Europe / A. A. Nadolny, A. V. Ponomarev, M. M. Kovblyuk, K. V. Dvadenko // *Arthropoda Selecta*. – 2012. – Vol. 21, No. 3. – P. 255–267.
24. Almquist S. Swedish Araneae, part 2: families Dictynidae to Salticidae / S. Almquist // *Insect Syst. Evol.* – 2006. – Suppl. No. 63. – P. 285–601.
25. Muster Ch. The *Philodromus pulchellus*-group in the Mediterranean: taxonomic revision, phylogenetic analysis and biogeography (Araneae: Philodromidae) / Ch. Muster, R. Bosmans, K. Thaler // *Invertebrate Systematics*. – 2007. – Vol. 21. – P. 39–72.
26. Muster Ch. Phylogenetic relationships within Philodromidae, with a taxonomic revision of *Philodromus* subgenus *Artanes* in the western Palearctic (Arachnida: Araneae) / Ch. Muster // *Invertebrate Systematics*. – 2009a. – Vol. 23. – P. 135–169.
27. Muster Ch. The *Ebo*-like running crab spiders in the Old World (Araneae, Philodromidae) / Ch. Muster // *ZooKeys*. – 2009b. – 16. – P. 47–73.
28. Segers H. A redescription of *Philodromus albidus* Kulczyński, 1911 (Araneae, Philodromidae) / H. Segers // *Bulletin of the British Arachnological Society*. – 1989. – 8 (2). – P. 38–40.
29. Heimer S. *Spinnen Mitteleuropas: Ein Bestimmungsbuch* / S. Heimer, W. Nentwig. – Berlin, Verlag Paul Parey, 1991. – 543 p. [на немецком].
30. Roberts M. J. *Spinnengids* / M. J. Roberts. – Baarn, Netherlands, Tirion, 1998. – 397 p.
31. Helsdingen P. J. 2013. *Fauna Europaea: Araneae*. <http://www.faunaeur.org>. (Version 2.6.2).
32. Nentwig W., Blick T., Gloor D., Hänggi A., Kropf C. 2016. *Spiders of Europe*. [www.araneae.unibe.ch](http://www.araneae.unibe.ch). (Version 03.2016).
33. Harvey P. R. *Provisional Atlas of British spiders (Arachnida, Araneae)*. Vol. 1-2 / P. R. Harvey, D. R. Nellist, M. G. Tefler. – Huntington, Biological Records Centre, 2002. – 406 p.
34. Urones C. La familia Philodromidae (Araneae) en el centro-oeste de la Peninsula Iberica / C. Urones // *Boletín Asoc. esp. Entom.* – 1986. – Vol. 10. – P. 231–244.
35. Ковблюд Н. М. Пауки (Arachnida, Aranei) Крыма: фауногенез и гипотеза Понтиды / Н. М. Ковблюд // *Українська ентомофауністика*. – 2014. – Том 5, № 2. – С. 29–53.

**VICARIANCE OF TWO CLOSELY RELATED SPIDER SPECIES FROM GENUS *PHILODROMUS* WALCKENAER, 1826: *P. ALBIDUS* KULCZYNSKI, 1911 AND *P. RUFUS* WALCKENAER, 1826 (ARANEI, PHILODROMIDAE) IN THE CRIMEA**

*Kastrygina Z. A.<sup>1</sup>, Kovblyuk M. M.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*

<sup>2</sup>*T.I. Vyazemski Karadag Scientific Station – Nature Reserve of the Russian Academy of Sciences, Feodosiya, Crimea*  
*E-mail: kovblyuk@mail.ru*

Here we report records of two closely related species of the genus *Philodromus* Walckenaer, 1826: *P. albidus* Kulczyński, 1911 and *P. Rufus* Walckenaer, 1826. *P. albidus* is recorded for the Crimea and Ukraine for the first time. Information on all collected specimens of both species is provided.

*P. albidus* differs from *P. rufus* in shape of retrolateral tibial apophysis, shape of tegulum and length of embolus, as well as length of copulatory duct of epigyne. Detailed diagnostic drawings of morphological characters for both species are provided.

Seasonal activities of *P. albidus* and *P. rufus* in the Crimea are similar. Adult specimens of *P. albidus* in the Crimea are found in June, like in Adygeya and England.

Adult specimens of *P. rufus* in the Crimea are found from April to June and in August. The peak of activity is in May, like in Spain. No significant differences in phenology of both species are found.

Spatial distributions of *P. albidus* and *P. rufus* in the Crimea are different. *P. albidus* is recorded only from the wet nemoral (broadleaved) forests of the northern slope of Crimean Mountains. *P. rufus* was found in true steppes, premontane forest steppes, forests of the southern slope of the Crimean Mountains and sub-Mediterranean vegetation of the southern coast of the Crimea. Therefore, we found spatial vicariance of these closely related species in the Crimea. Landscape distribution of *P. albidus* and *P. rufus* is mapped.

**Keywords:** spiders, *Philodromus*, vicariance, spatial distribution, phenology, Crimea.

### References

1. Kastyrygina Z. A., Kovblyuk M. M., A review of the spider genus *Thanatus* C.L. Koch, 1837 in Crimea (Aranei: Philodromidae), *Arthropoda Selecta*, **22** (3), 239 (2013).
2. Kastyrygina Z. A., Kovblyuk M. M., The spider genus *Pulchellodromus* Wunderlich, 2012 in the Crimea (Aranei: Philodromidae), *Arthropoda Selecta*, **23** (3), 279 (2014).
3. World Spider Catalog. Natural History Museum Bern, 2016. Database. Version 17.0 (accessed on 29.01.2016). 2016, www.wsc.nmbe.ch.
4. Wunderlich J., Contribution to taxonomy and evolution of the European genera of the spider family Philodromidae (Araneae), *Beiträge zur Araneologie*, **7**, 25 (2012).
5. Kulczyński W., Araneae a Dre G. Horvath in Bessarabia, Chersoneso Taurico, Transcaucasia et Armenia Russica collectae, *Termesztudományi Füzetek*, **18**, 3 (1895).
6. Spassky S. A., Materialy k faune paukov Tavricheskoy gubernii, *Izvestiya Donskogo instituta cel'skogo khozyaystva i melioratsii*, **7**, 66 (1927).
7. Charitonov D. E., *Katalog russkikh paukov* [Prilozhenie k tomu 32 Ezhegodnika zoologicheskogo muzeya], 206 p. (Izdatel'stvo Akademii nauk SSSR, Leningrad, 1932).
8. Charitonov D. E., Dopolnenie k katalogu russkikh paukov, *Uchenye zapiski Permskogo universiteta*, **2**(1), 167 (1936).
9. Bukovski V. I., Naselenie bespozvonochnykh Krymskogo bukovogo lesa (Biotsenologicheski ocherk), *Trudy Krymskogo goszapovednika*, **1**, 3 (1936).
10. Bukovski V. I., Animal population of invertebrates – mainly blight – on oak foliage in the Crimean State Reservation, *Trudy Krymskogo gosudarstvennogo zapovednika*, **2**, 39 (1940).
11. Charitonov D. E., Contribution to the fauna of Crimean spiders, *Festschrift zum 60 Geburtstag von Professor Dr. Embrik Strand*, **3**, 127 (1937).
12. Tolstova Yu. S., Atanov N. M., Effect of the chemical means of plant protection on the fauna of arthropods in the orchards. I. Long term application of the pesticides to the agrobiocenosis, *Entomologicheskoe obozrenie*, **61** (3), 441 (1982).
13. Mikhailov K. G., *Catalogue of the spiders of the territories of the former Soviet Union (Arachnida, Aranei)*, 416 p. (Zoological Museum of the Moscow State University, Moscow, 1997).
14. Mikhailov K. G., *Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of the territories of the former Soviet Union. Addendum 1*, 50 p. (KMK Scientific Press Ltd, Moscow, 1998).
15. Kovblyuk M. M., Catalogue of the spiders (Arachnida: Aranei) of the Crimea. Voprosy razvitiya Kryma. Nauchno-prakticheskiy i diskussionno-analiticheskiy sbornik, **15**, Problemy inventarizatsii krymskoi bioty, *Tavriya-Plus*, 211 (2004).
16. Kovblyuk M. M., Nadolny A. A., Gnelitsa V. A., Zhukovets E. M., Spiders (Arachnida, Aranei) of the Martyan Cape Reserve (Crimea, Ukraine), *Caucasian entomological bull.*, **4** (1), 3 (2008).
17. Kovblyuk M. M., The preliminary report about spiders (Arachnida, Aranei) in Yalta Mountain-Forest Reserve (Crimea), *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Series: Biology, chemistry*, **25** (4), 82 (2012).

18. Kovblyuk M. M., New data about spiders (Arachnida, Aranei) in Crimean Nature Reserve (Crimea), *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Series: Biology, chemistry*, **26 (1)**, 61 (2013).
19. Mikhailov K. G., The spiders (Arachnida, Aranei) of Russia and adjacent countries: a non-annotated checklist, *Arthropoda Selecta, Supplement No.3*, 1 (2013).
20. Kovblyuk M. M., Kastyrygina Z. A., Updated catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of the Crimea, *Ukrainska Entomofaunistyka*, **6 (2)**, 1 (2015).
21. Kovblyuk M. M., Kastyrygina Z. A., On two closely related funnel-web spider species, *Agelena orientalis* C.L. Koch, 1837, and *A. labyrinthica* (Clerck, 1757) (Aranei, Agelenidae), *Arthropoda Selecta*, **20 (4)**, 273 (2011).
22. Nadolny A. A., Kovblyuk M. M., On two closely related wolf spider species *Alopecosa beckeri* (Thorell, 1875) and *A. taeniopus* (Kulczynski, 1895) (Aranei, Lycosidae), *Arthropoda Selecta*, **19 (4)**, 237 (2010).
23. Nadolny A. A., Ponomarev A. V., Kovblyuk M. M., Dvadnenko K. V., New data on *Pisaura novicia* (Aranei: Pisauridae) from eastern Europe, *Arthropoda Selecta*, **21 (3)**, 255 (2012).
24. Almquist S., Swedish Araneae, part 2: families Dictynidae to Salticidae, *Insect Syst. Evol.*, **63**, 285 (2006).
25. Muster Ch. Bosmans R., Thaler K., The *Philodromus pulchellus*-group in the Mediterranean: taxonomic revision, phylogenetic analysis and biogeography (Araneae: Philodromidae), *Invertebrate Systematics*, **21**, 39 (2007).
26. Muster Ch., Phylogenetic relationships within Philodromidae, with a taxonomic revision of *Philodromus* subgenus *Artanes* in the western Palearctic (Arachnida: Araneae), *Invertebrate Systematics*, **23**, 135 (2009a).
27. Muster Ch., The *Ebo*-like running crab spiders in the Old World (Araneae, Philodromidae), *ZooKeys*, **16**, 47 (2009b).
28. Segers H., A redescription of *Philodromus albidus* Kulczyński, 1911 (Araneae, Philodromidae), *Bulletin of the British Arachnological Society*, **8 (2)**, 38 (1989).
29. Heimer S., Nentwig W., *Spinnen Mitteleuropas: Ein Bestimmungsbuch*, 543 p. (Verlag Paul Parey, Berlin, 1991).
30. Roberts M. J., *Spinnengids*, 397 p. (Tirion, Baarn, 1998).
31. Helsdingen P. J., 2013. Fauna Europaea: Araneae. <http://www.faunaeur.org>. (Version 2.6.2).
32. Nentwig W., Blick T., Gloor D., Hänggi A., Kropf C., 2016. Spiders of Europe. [www.araneae.unibe.ch](http://www.araneae.unibe.ch). (Version 03.2016).
33. Harvey P. R., Nellist D. R., Tefler M. G., *Provisional Atlas of British spiders (Arachnida, Araneae)*. Vol. 1-2, 406 p. (Biological Records Centre, Huntington, 2002).
34. Urones C., La familia Philodromidae (Araneae) en el centro-oeste de la Peninsula Iberica, *Boletín Asoc. esp. Entom.*, **10**, 231 (1986).
35. Kovblyuk M. M., Spiders (Arachnida, Aranei) of Crimea: faunogenesis and hypothesis of Pontida, *Ukrainska Entomofaunistyka*, **5 (2)**, 29 (2014).

**УДК 612.821**

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ЗВУЧАНИИ МУЗЫКИ РАЗНОГО ЖАНРА**

*Кириллова А. В., Янцев А. В., Панова С. А.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: kyryllova.alla@mail.ru*

Изучали влияние различных стилей музыки на психофизиологические показатели человека. Выявлено влияние музыкальных композиций на когнитивную сферу испытуемых, а также на гемодинамику. Наиболее чувствительным к воздействию музыкального сопровождения оказался показатель частоты сердечных сокращений.

**Ключевые слова:** концентрация внимания, скорость внимания, артериальное давление, частота сердечных сокращений, вегетативный индекс, слуховая и зрительная память.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Начиная с XIX века, наука накопила немало сведений о воздействии музыки на человека, полученных в результате экспериментальных исследований. Доказано, что музыка может укреплять иммунную систему, приводить к снижению заболеваемости и улучшать обмен веществ. Особенно интенсивно изучается влияние музыки в последние десятилетия. Эксперименты ведутся в нескольких направлениях, таких как: влияние отдельных музыкальных инструментов на живые организмы; влияние музыки великих гениев человечества, индивидуальное воздействие отдельных произведений композиторов; воздействие на организм человека народной музыки. Следует подчеркнуть, что в России музыкотерапию Минздрав признал официальным методом лечения в 2003 году. Этот метод широко используется в психотерапии: так как музыка обладает сильным эмоциональным воздействием на психоэмоциональную сферу человека, то она может служить немедицинским лекарством от различных эмоциональных расстройств [1–3]. Вообще восприятие музыки тесно связано с умственными процессами, то есть требует внимания, наблюдательности, сообразительности. Музыка, воспринимаемая слуховыми рецепторами, воздействует на общее состояние всего организма, вызывает реакции, связанные с изменением кровообращения, дыхания.

Изучение механизмов влияния музыки на эмоциональное состояние человека является традиционной проблемой для психологии, ее научные основы были заложены в трудах классиков: Г. Гельмгольца (1875), Т. Рибо и др. Вместе с тем изучение влияния музыки на состояние человека является современным, постоянно развивающимся направлением исследований, о чем свидетельствуют регулярно проводящиеся специализированные конференции. Известно, что приятная музыка

благодарно действует не только на нервную систему, но и на систему кровообращения, на работу органов дыхания и даже пищеварения. С помощью музыки можно забыть о плохом настроении, бессоннице, чувстве неуверенности и тревоги, улучшить память и внимание и даже развить творческие способности. Работы многих авторов свидетельствуют о том, что прослушивание музыки изменяет функциональное состояние ЦНС, влияет на когнитивную деятельность человека, улучшает показатели памяти, творческую активность и т. д. [4]. Одна и та же мелодия оказывает разное влияние на людей: одни предпочитают слушать музыку одного стиля, а другие — другого. В то же время малоисследованным остается влияние музыки на психоэмоциональное состояние человека в контексте его индивидуальных особенностей.

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 изучение влияния классической и рок-музыки на психофизиологическое состояние человека.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В эксперименте принимали участие 15 условно здоровых 7 юношей и 8 девушек (20–22 лет). Исследовали уровень концентрации, скорости и устойчивости внимания, а также артериальное давление и частоту сердечных сокращений. Были отобраны 2 музыкальные композиции: классическая (Бетховен - Лунная соната) и рок-музыка (Europe – The Final Countdown). До прослушивания музыки испытуемым предлагался тест «Корректирующая проба» (тест Бурдона), измерялось артериальное давление и частота сердечных сокращений. Затем давали прослушать одну из выбранных музыкальных композиций, после которых им снова предлагали пройти тесты и измеряли давление.

При обработке результатов исследования использовались методы вариационной статистики [5]. Для решения вопроса о характере распределений применяли критерий Смирнова-Колмогорова. Поскольку результаты его использования свидетельствовали о несоответствии распределения нормальному закону, для последующих вычислений применяли непараметрический критерий Вилкоксона (для сравнения двух связанных между собой групп).

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Исследовали показатели внимания (концентрацию и скорость) при воздействии классической и рок-музыки. При анализе данных, полученных в результате эксперимента видно, что воздействие классической музыки не оказывает влияние на концентрацию внимания. Так, показатель концентрации внимания до прослушивания классической музыки составлял 97,2 (85,9–98,2) единиц, а после прослушивания — 93,8 (92,2–97,9) единиц, то есть понизился на 3,6 %. Но



статистической значимости эти изменения не достигли. Показатель скорости внимания до воздействия и после воздействия музыки не изменился и составлял 5,3 (4,9–5,7) единиц (табл. 1)

**Таблица 1**  
**Влияние классической музыки на показатели внимания**

	До воздействия музыки Me (25 %-75 %)	После воздействие классической музыки Me (25 %-75 %)	Δ %
Концентрация внимания	97,2 (85,9–98,2)	93,8 (92,2–97,9)	3,6
Скорость внимания	5,3 (4,9–5,7)	5,3 (4,9–5,7)	0

Примечание: Δ % – различия показателей внимания, зарегистрированных после прослушивания классической музыки и без ее влияния;

Анализ данных, полученных в результате исследования, позволил выявить, что воздействие рок- музыки оказывает влияние на показатели концентрации и скорости внимания. При этом статистическую значимость проявили изменения скорости внимания. Так, если данный показатель без предварительного прослушивания музыки составил 5,3 знаков в секунду, то после прослушивания рок-музыки он вырос на 13,5 %, составив 6,2 знаков в секунду (табл. 2), что согласуется с литературными данными [6].

**Таблица 2**  
**Влияние рок музыки на показатели внимания**

	До воздействия музыки Me (25 %-75 %)	После воздействие рок- музыки Me (25 %-75 %)	Δ %
Концентрация внимания	97,2 (85,9–98,2)	93,1 (87,3–94,2)	4,4
Скорость внимания	5,3 (4,9–5,7)	6,2 (5,3–6,7)	13,3*

Примечание: Δ % – различия показателей внимания, зарегистрированных после прослушивания классической музыки и без ее влияния;

\* –  $p < 0,05$ , критерий Вилкоксона

Для реализации цели исследования был проведен сравнительный анализ показателей функционирования сердечно-сосудистой системы: АДС (артериальное давление систолическое), АДД (артериальное давление диастолическое), ЧСС (частота сердечных сокращений). В результате анализа было выявлено, что не все

показатели гемодинамики являются чувствительными к воздействию классической музыки, статистической значимости достигли только изменения по частоте сердечных сокращений. Так, медиана ЧСС без воздействия музыки составляла 87,0 (85,0–97,0) мм.рт.ст., а при воздействии классической музыки наблюдалось снижение данного показателя до 86,9 (72,5–94,5) мм.рт.ст., что составило 1,16 % (табл. 3).

**Таблица 3.**  
**Показатели гемодинамики при воздействии классической музыки**

	До воздействия музыки Me (25 %-75 %)	Воздействие классической музыки Me (25 %-75 %)	Δ %
Артериальное давление систолическое	122,00 (115,0–127,5)	119,00 (115,0–126,0)	2,52
Артериальное давление диастолическое	80,00 (70,5–89,5)	80,00 (66,0–80,5)	0
Частота сердечных сокращений	87,00 (85,0–97,0)	86,00 (72,5–94,5)	1,16*

Примечание: Δ % – различия показателей гемодинамики, зарегистрированных после прослушивания классической музыки и без влияния;

\* –  $p < 0,05$ , критерий Вилкоксона

При проведении сравнительного анализа показателей гемодинамики при звучании рок-музыки наиболее чувствительными и статистически значимыми оказались показатели артериального систолического и диастолического давления. Так медиана АДС без воздействия музыки составляла 122,0 (115,0–127,5) мм.рт.ст., а при звучании рок-музыки наблюдалось снижение данного показателя до 114,0 (108,0–123,0) мм.рт.ст., что составило 7 %.

Медиана АДД без воздействия музыки составляла 80,0 (70,5–89,5) мм.рт.ст., а при воздействии рок- музыки наблюдалось снижение данного показателя до 75,0 (66,0–78,0) мм.рт.ст., что составило 6,7 % (табл. 4).

Сравнительный анализ психофизиологических показателей был направлен на выявление особенностей воздействия классической и рок-музыки на когнитивную сферу испытуемых. Но статистической значимости при этом различия скорости и концентрации внимания не достигли (табл. 5)

Таблица 4

Показатели гемодинамики при воздействии рок-музыки

	До воздействия музыки Me (25 %-75 %)	Воздействие рок-музыки Me (25 %-75 %)	Δ %
Артериальное давление систолическое	122,00 (115,0–127,5)	114,00 (108,0–123,0)	7,02*
Артериальное давление диастолическое	80,00 (70,5–89,5)	75,00 (66,0–78,0)	6,7*
Частота сердечных сокращений	87,00 (85,0–97,0)	82,00 (80,0–89,5)	6,10

Примечание: Δ % – различия показателей гемодинамики, зарегистрированных после прослушивания рок-музыки и без влияния;

\* –  $p < 0,005$ , критерий Вилкоксона

Таблица 5

Влияние классической и рок-музыки на показатели внимания

	Воздействие рок-музыки Me (25 %-75 %)	Воздействие классической музыки Me (25 %-75 %)	Δ % рок	Δ % классика
Концентрация внимания	93,1 (87,3–94,2)	93,8 (92,2–97,9)	-0,72	0,73
Скорость внимания	6,2 (5,3–6,7)	5,3 (4,9–5,7)	15,63	-13,51

При сравнении показателей гемодинамики, зарегистрированных при воздействии классической и рок-музыки было выявлено, что не все показатели являются чувствительными к воздействию данных жанров музыки. Статистической значимости достигли только различия в артериальном диастолическом давлении, что согласуется с литературными данными [7]. Так медиана АДД при воздействии рок-музыки составляет 75,0 (66,0–78,0) мм.рт.ст., а при звучании классической музыки составляет 80,0 (66,0–80,5) мм.рт.ст., а это означает, что влияние классической музыки эффективней на 6,67 % (табл. 6).

**Таблица 6**

**Влияние классической и рок-музыки на показатели гемодинамики**

	Воздействие рок-музыки Me (25 %-75 %)	Воздействие классической музыки Me (25 %-75 %)	Δ % рок	Δ % классика
Артериальное давление систолическое	114,00 (108,0-123,0)	119,00 (115,0-126,0)	-4,2	4,4
Артериальное давление диастолическое	75,00 (66,0-78,0)	80,00* (66,0-80,5)	-6,5	6,7
Частота сердечных сокращений	82,00 (80,0-89,5)	86,00 (72,5-94,5)	-4,65	4,88

Примечание: \* –  $p < 0,005$ , критерий Вилкоксона

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Музыкальные композиции различного жанра оказывают влияние на такие свойства внимания как концентрация и скорость. Наиболее чувствительным к воздействию музыки оказалась скорость внимания. Так при звучании рок-музыки этот показатель увеличился на 13,3 % по сравнению с фоновым значением ( $p < 0,05$ , критерий Вилкоксона).
- При воздействии музыки на показатели гемодинамики было отмечено, что наиболее чувствительным к воздействию классической музыки оказался показатель частоты сердечных сокращений. Этот показатель снизился на 1,16 % по сравнению с фоновым значением. А к воздействию рок-музыки наиболее чувствительными оказались показатели артериального диастолического и систолического давления. Отмечалось понижение данных показателей на 7,02 % и 6,67 % соответственно ( $p < 0,05$ , критерий Вилкоксона).
- При сравнении показателей гемодинамики, скорости и концентрации внимания, на которые воздействовали классической и рок-музыкой, статистической значимости достигли только изменения артериального диастолического давления.

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

Список литературы

1. История мировой музыки. Жанры. Стили. Направления. – М.,: Эксмо, 2010. – 564 с.
2. Хамель П. М. Через музыку к себе. Как мы познаем и воспринимаем музыку / Хамель П. М. – М.: Классика-XXI, 2007. – 248 с.
3. Богатырева Ж. В. Влияние музыки на человека / Богатырева Ж. В., Шутилова М. Ф. // Современные наукоемкие технологии – Издательство: Издательский Дом «Академия Естествознания» (Пенза). – 2013. – №7 – С. 181–183
4. Уэйнбергер Н. Музыка и мозг/ Уэйнбергер Н. // В мире науки. – 2006. – № 2.
5. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / Реброва О. Ю. – М.: Медиа Сфера, 2002. – 312 с.
6. Булгакова О. С. Изменение психофизиологических параметров под воздействием музыки разного ритма, мелодии, тональности / Булгакова О. С., Хегай М. Д., Сибилов О. П. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – Издательство: Издательский Дом «Академия Естествознания» (Пенза). – 2015. – №7. – С. 133–136.
7. Леер Е. И. Влияние музыки разных направлений на психофизиологические характеристики активности сердца у юношей и девушек 14–16 лет / Леер Е. И., Зверева С. В. // Психология образования в поликультурном пространстве. – Издательство: Елецкий государственный университет им. И. А. Будина (Елец), 2012. – №20, Т.4. – С. 49–60.

COMPARATIVE ANALYSIS OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL INDICATORS  
WHEN SOUNDING MUSIC OF THE DIFFERENT GENRE

*Kirillova A. V., Yantsev A. V., Panova S. A.*

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation  
E-mail: kyrillova.alla@mail.ru*

Since the nineteenth century, science has accumulated a lot of information on the effects of music on people resulting from experimental studies. It is scientifically proven that music can strengthen the immune system, lead to reduce morbidity and improve metabolism. Especially intensively studied the influence of music in recent decades. The experiments are conducted in several directions, such as: the influence of individual musical instruments on living organisms; the influence of the music of the great geniuses of humanity, the individual effects of selected works by composers; the impact on the human body of folk music.

It should be emphasized that in Russia the Ministry of health music therapy was recognized as an official method of treatment in 2003. This method is widely used in psychotherapy, because the music has a strong emotional effect on psycho-emotional sphere of people, it can serve as a non-medical cure for various emotional disorders [1–3]. In General, the perception of music is closely associated with mental processes, i.e. requires attention, observation, intelligence. Music perceived auditory receptor, influences the state of the whole body, causing reactions associated with changes of blood circulation, respiration.

Study of mechanisms of influence of music on the emotional state of a person is a traditional problem for psychology, its scientific foundations were laid in the works of classics: H. Helmholtz (1875), T. Ribo, etc.

However, the study of the influence of music on the human condition is a modern, constantly developing field of research, as evidenced by the regularly held specialized conferences. It is known that pleasant music has a beneficial effect not only on the nervous system, but also on the circulatory system, the respiratory system and even digestion. Through music, you can forget about bad mood, insomnia, feelings of insecurity and anxiety, improve memory and attention and even creativity. Many authors suggest that listening to music changes the functional state of the CNS, affects the cognitive activity of the person, improves memory, creativity and so on [4]. The same melody has a different effect on people: some prefer to listen to the music of one style, others another. At the same time remains unexplored the influence of music on the psychological state in the context of its individual circumstances.

Despite the number of publications in this area, questions about the specific influence of music on EEG and emotional sphere require further clarification. Music is a very multifaceted phenomenon. It is thus difficult to distinguish the one particular significant variable influencing the psychophysiological state of a person. The aim of our study was to study the influence of classical and rock music on human psychophysiological state.

In the experiment involved 15 conventionally healthy persons (20–22 years). Investigated the level of concentration, speed and sustained attention, as well as blood pressure and heart rate. Were selected 2 music tracks: classical (Beethoven-moonlight Sonata) and rock music (Europe-The Final Countdown).

Musical compositions of different genres have an effect on such properties as the concentration of attention and speed. The most sensitive to the effects of music were speed of attention. So at the sounding rock music, this proportion increased by 13.3 % in comparison with baseline value ( $p < 0.05$ , Wilcoxon test). Under the influence of music on the hemodynamic parameters, it was observed that the most sensitive to the effects of classical music was an indicator of heart rate. This figure fell by 1.16 % compared to background value. As to the effects of rock music were most sensitive indicators of systolic and diastolic blood pressure. It was noted the decrease of these indicators on 7,02 % and 6,67 % respectively ( $p < 0.05$ , Wilcoxon test). When comparing the hemodynamic parameters, velocity and concentration, which was affected by classical and rock music, with statistical significance reached only the diastolic blood pressure.

**Keywords:** concentration of attention, the speed of attention, blood pressure, heart rate, vegetative index, auditory and visual memory.

#### References

1. *History of world music. Genres. Styles. Directions*, 564 (M: Eksmo, 2010).
2. Hammel P. M. *Through music to. As we learn and we perceive Music*, 248 (M.: Klassika-XXI, 2007).
3. Bogatyreva Zh. V., Shutilova M. F. *Influence of music on Person*, 7, 181 (Modern knowledge-intensive tekhnologiiyu-Publishing house: Academy of Natural Sciences publishing House (Penza), 2013).
4. Ueynberger N. *Music and Brain, In the world of science*, 2 (2005).

**УДК 581.93 : 502.72 (477.75)**

## **ДИНАМИКА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЙМЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КРЫМА**

*Кобечинская В. Г.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: valekohome@mail.ru*

В статье проведен анализ многолетних мониторинговых исследований структуры пойменных лугов и лесов на территории Крымского природного заповедника и в водоохранной зоне Загорского водохранилища питьевого назначения. Показано, что флористическое разнообразие луговых фитоценозов снижается, идет закустаривание и интенсивное замещение их на лесные ценозы в процессе демуляции при снятии пастбищной нагрузки. Заповедные прирусловые леса можно использовать как биоиндикаторы, позволяющие оценить величину и масштаб антропогенных преобразований этих сообществ за пределами охраняемой зоны. Динамические смены прирусловых лесов и пойменных лугов отражают тенденции в развитии этих сообществ с учетом изменчивости комплекса абиотических факторов.

**Ключевые слова:** луговые фитоценозы, прирусловые леса, заповедные территории, флористическое разнообразие, возобновление, демуляционные процессы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Основными факторами формирования, существования и развития луговой и лесной прирусловой растительности являются пойменно-аллювиальная деятельность реки, подстилающие породы, хозяйственная деятельность и состояние водосборного бассейна в целом. При взаимодействии этих факторов создаются специфические экологические режимы, определяющие типологический состав лугов и лесов, особенности их размещения и пространственной структуры [1–4 и др.]. Для этих экосистем характерна высокая динамичность, обусловленная метеорологическими и гидрологическими условиями, а также различными формами хозяйственной деятельности человека [5–7 и др.].

Луговые и лесные сообщества благодаря своей доступности, высокой продуктивности и богатству почв в поймах рек издавна были освоены человеком, поэтому в Крыму они сохранились лишь в верховьях рек, протекающих по заповедным или водоохраным территориям.

Целью настоящей мониторинговой работы явилось изучение изменений структуры этих фитоценозов с использованием статистических методов, т.к. исследование по восстановительной динамике пойменных фитоценозов при полном снятии антропогенных нагрузок за последние 25 лет ранее на охраняемых территориях Крыма не проводилось.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Две пробные площади лугов были заложены на территории Крымского природного заповедника (КПЗ) «вблизи бывшего кордона» «Зеленый гай» в долине реки Сухая Альма (длина – 10 км, водоток устойчивый) Она впадает в реку Альму – одну из самых длинных водных артерий полуострова (общая протяженность – 79 км и площадь водосбора 635 км<sup>2</sup>) Третий и четвертый участки были выбраны в верховье и среднем течении реки Кача (длина – 64 км и водосборный бассейн – 573 км<sup>2</sup>). Протекая по территории Крымского природного заповедника почти параллельно, эти реки берут свое начало на склонах Бабуган-яйлы [8].

Изучение состава, структуры и пространственного размещения луговой и древесно-кустарниковой растительности проводилось по общепринятым геоботаническим и лесотаксационным методикам [1, 4]. Видовая насыщенность определялась на учетных площадках размером 0,1, 0,25 и 1 м<sup>2</sup> в 20-кратной повторности. Встречаемость видов учитывали на пробных площадках Раункиера (0,1 м<sup>2</sup>) в 50-кратной повторности [6, 7, 9].

Пространственное размещение доминирующих древесных видов исследовалось бесплощадочным учетом путем измерения расстояния между особями: а) методом ближайшей особи между экземплярами одного вида, б) методом случайных пар, в) методом квадрантов с центром в точке, выделяя центральную особь и промеряя расстояние до ближайшего экземпляра в каждом квадранте [10, 11]. Все полученные материалы были обработаны методами вариационной статистики [12–14 и др.].

Первый участок расположен в 1,5 км от закрытого свыше 25 лет назад кордона «Зеленый гай» на правом берегу реки Сухая Альма. Это бывшее пастбище для небольшого стада крупного рогатого скота лесника. Здесь выявлена ассоциация – нивяниково-лабазниково-виково-типчачковая.

Вторая пробная площадь была выбрана также по долине реки в 2 км от первого – бывший сенокос, сформирована ассоциация – виково-ежово-пырейно-типчачковая. На этих участках хозяйственная деятельность полностью прекращена.

3 участок – пойменный луг реки Альмы в 1 км к западу от кордона «Светлая поляна», где и сейчас идет регулярный выпас (небольшое поголовье коров и телят лесника). Здесь развита ассоциация – лапчатково-черноголовково-чабрецово-типчачковая.

4 участок расположен на правом берегу реки Качи в её среднем течении (3 км от бывшего с. Шелковичного, которое было ликвидировано в связи со строительством Загорского водохранилища питьевого назначения более 40 лет назад). Здесь проводятся изредка нерегулярные сенокосы. На нем сформировалась ассоциация ежово-клеверо-одуванчиково-яснотковая.

Выбранные пробные лесные участки располагались по правому берегу вдоль реки Кача в верхнем течении (№ 5), 4 км ниже по руслу в центральной котловине заповедника (№ 6) и на границе КПЗ (№ 7). В древостое преобладают – дуб скальный, бук восточный, граб и ольха черная.

5 участок – коренные пойменные леса, здесь выявлена буково-дубово-черноольхово-ясенево-пролесковая ассоциация.



6 участок – сформирована буково-чернольхово-дубово-кизилово-пролесково-лютиковая ассоциация.

7 участок – черноольхово-кленово-кизилово-пролесково-лютиковая ассоциация.

Были также выполнены анализы физико-химических свойств почв на исследуемых участках, при этом определялись плотность и пористость почв, содержание гумуса, основных элементов питания и рН водной вытяжки по общепринятым методикам [15].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Почвы речных долин имеют большое разнообразие, которое обусловлено особенностями условий питания рек, химическим составом аллювиально-делювиальных отложений и мощностью накоплений, состоящих из гальки, щебня, песка и суглинков, крупных обломков песчаников и т.д. Состав почв и их параметры служат хорошими индикаторами антропогенной нагрузки на экосистемы. Данные по исследованию почв на пробных площадях вдоль русел рек Качи и Альмы сведены в таблицу №1. При пробе на соляную кислоту почвы ни на одном разрезе не вскипали, активная реакция рН почвенного раствора близка к нейтральной на лугах, в лесах – слабокислая (рН – 6,1–6,3), что обусловлено подкислением разлагающегося опада древостоя. При движении вниз по течению вдоль русла снижается содержание гумуса (от 5,08–5,14 % на уч. №№ 1 и 2 до 4,36 % на 4-м участке), что связано с усилением нагрузки, в лесных сообществах показатели гумуса (3,17–5,14 %) также невелики, что обусловлено высоким промывным режимом почвенного покрова.

Косвенное влияние сенокосения проявляется в обеспечении лучшего доступа солнечных лучей к поверхности почвы, она становится теплее и суше, улучшается её газообмен, усиливается испарение влаги, активизируются процессы распада подстилки, но регулярное отчуждение азота и зольных элементов с сеном обедняет почву доступными элементами минерального питания [16]. Эту закономерность подтверждают анализы почв участков № 3 и № 4 (Табл.1).

Валовые запасы основных питательных веществ в целом удовлетворительные. Они колеблются по учетным площадям вдоль русла от верхнего течения: по азоту незначительно от 1,5 до 1,1 %, более высоки эти параметры в лесных насаждениях (1,5–1,9 %) По мере усиления нагрузки содержание фосфора повышается – 5,2–8,0 %, а калия снижается – 8,3–6,4 %.

В лесных участках эта закономерность не выявлена – содержание фосфора и калия близки вдоль течения реки от верховий до границ заповедника.

Уплотнение меняет физико-химические свойства почвы, снижает её влагоемкость. В результате, интенсивное вытаптывание ведет с учетом влажности почвы либо к заболачиванию, либо к иссушению и ксерофитизации растительности [6, 17].

По структуре почвы выявлены от щебенчатых суглинистых до тяжело-суглинистых в связи с усилением их промывного режима. Почвы в верхнем течении на заповедных участках сформированы аллювиально-луговые и черноземно-луговые, в среднем течении – лугово-черноземовидные.

**Таблица 1**  
**Физико-химические свойства почв пробных участков вдоль русла рек**  
**Альмы и Качи**

№ Уч	Гумус,%	рН почв. раствора	N%	P2O5 %	K%	Ca ++ и Mg++ мг-экв. на 100г почвы	Физические свойства почв
1	5,14	6,6	1,5	5,2	8,3	2,11	щебенчато-известково-суглинистая на глинистых сланцах
2	5,08	6,8	1,4	5,4	7,9	2,2	щебенчатая тяжело-суглинистая
3	4,6	6,6	1,3	7,6	6,3	2,5	щебенчатая тяжело-глинистая
4	4,36	7,0	1,1	8,0	6,4	3,6	щебенчатая тяжело-глинистая
5	5,14	6,3	1,9	6,5	5,9	2,3	тяжело-глинистая
6	4,8	6,2	1,7	5,9	5,8	2,4	тяжело-глинистая
7	3,17	6,1	1,5	5,2	5,6	2,3	тяжело-суглинистая

Флористический состав сообщества отражает его экологию и историю становления. Количественные соотношения растений, прежде всего те пропорции, в которых они находятся, можно рассматривать, как показатель взаимоотношений между видами и средой, мерло их фитоценотической значимости, т.е. степени участия вида в процессах накопления и обмена веществом и энергией, а также создания фитосреды. Флористический состав на участках №№ 1 и 2, где протекают демутиационные процессы при полном многолетнем снятии любой формы антропогенной нагрузки, значительно отличаются по видовому составу, доминантам и субдоминантам от пастбища на участке № 4 (Табл. 2).

Скорость и содержание процессов демутиации зависит от степени сохранения в фитоценозе видов (включая семена и особи в состоянии вторичного покоя), входящих в состав исходного фитоценоза, от количества и интенсивности произрастания зачатков растений, поступающих извне. Следует учитывать также изменения экологических условий в этих сообществах. Прекращение умеренного выпаса приводит первоначально к возрастанию хозяйственной ценности травостоев (например, встречаемость вики паннонской возросло до 68 %). При мощном развитии подстилки встречаемость однолетних растений резко снижается. В данных условиях реализуется модель ингибирования, т. к. из-за наличия плотного слоя многолетней подстилки поселение и прорастание семян других видов растений становится невозможным [6, 18, 19]. Отмеченная закономерность подтвердилась нашими исследованиями, проведенными на этих же площадях спустя 20 лет.

Таблица 2

## Характеристика структуры пробных площадей лугов заповедных территорий

№ п/п	Кол-во Видов /100 м <sup>2</sup>	Общее проективн. покрытие, %	Высота травостоя, см	Видовая насыщенность на учетных площадках		
				0,1 м <sup>2</sup>	0,25 м <sup>2</sup>	1 м <sup>2</sup>
1	43	100	30–46	11,4 (9–17)	12,8 (9–17)	23,9(20–27)
2	48	95–100	35–40	8,6 (6–13)	11,2 (9–13)	14,7(12–17)
3	60	80–90	18–25	9,6 (7–13)	10,9 (9–13)	12,8(10–15)
4	34	70–80	25–32	7,5 (5–10)	9,8 (8–12)	11,1(9–13)

Прекращение регулярных сенокосов приводит к уменьшению испарения с поверхности почв, что увеличивает их влажность, из-за снижения освещенности меняется микроклимат у поверхности земли, повышается интенсивность нитрификации и азотофиксации [3]. В связи с изменением условий произрастания резко возрастает конкурентная способность злаков (участки №№ 1 и 2). Из травостоя почти полностью выпадают виды, цветущие в ранневесеннюю фазу развития луга, основную массу составляют растения, генерация которых приходится на конец весны и разгар лета, их фенофазы развития более растянуты по сравнению с участком № 3. Здесь сформировались полидоминантные, сомкнутые (общее проективное покрытие 95–100 %), высокие травостои (Табл. 2). Следует отметить, что при полном прекращении хозяйственной деятельности наблюдается нивелирование различий между фитоценозами, что, несомненно, связано с накоплением мощной подстилки и созданием более однородных условий произрастания. В связи с увеличением обеспеченности растений элементами питания и водой, задерживаемой дерниной, после прекращения скашивания, возрастает участие в сложении сообщества растений, более требовательных к условиям местообитания (нивянник обыкновенный, вика тонколистная, ежа сборная и др.). В сложных многовидовых луговых сообществах наблюдается сильная мозаичность, неодинаковое распределение видов в сочетании с их обилием по всей площади. Многие виды из группы разнотравья, в отличие от участка № 3, обильно представлены ювенильными формами. Часть растений, в большинстве злаки, не переходит в генеративную фазу развития и активно наращивают только вегетативные побеги (мятлик луговой, тимopheевка, бекманния, типчак). Полностью отсутствует группа мхов. Большинство видов положительно реагируют на прекращение скашивания. Различные приспособления – удлиненные надземные побеги (костер безостый, пырей ползучий, тысячелистник щетинистый, чина луговая), укороченные побеги с длинными листовыми пластинками (лисохвост луговой) или прикорневые листья, обладающие длинными черешками (шалфей поникший, живучка женевская), обеспечивают им возможность развить значительную листовую поверхность над подстилкой. Конкурентная способность растений, не имеющих этих преимуществ, резко снижается, и они выпадают из травостоя.

Средообразующая способность эдификаторов луговых ценозов выражена слабо. Они, создавая и определяя режим фитосреды, сами в своей динамике зависят от параметров экзодинамических факторов и возрастной структуры их популяций [14]. Наибольшее значение имеет степень увлажнения почв, обусловленная в лугах определенным гидротермическим режимом. В противоположность им, состав и динамика ассектаторов определяется, прежде всего, режимом фитосреды, создаваемой эдификаторами.

Средообразующее значение видов в сообществе определяется численностью его ценопопуляций, биологическими свойствами (долговечностью надземных побегов), общей массой и способностью изменять среду обитания. На лугах при скашивании характерно отсутствие селективности, используются травянистые растения всех видов, расположенных выше уровня среза [6]. Это ведет к нарушению нормального ритма их сезонной вегетации, включая снижение процесса накопления запасных веществ. Ограничивается семенная продуктивность, идет отбор форм, способных после отчуждения к отавности и вторичному цветению, поэтому ряд видов также выпадают из травостоя.

Видовая насыщенность в луговых ценозах сильно колеблется в зависимости от их флористического богатства и зависит не только от типа растительности, но и от степени благоприятности условий среды. Самые высокие показатели видовой насыщенности на учетных площадках всех размеров отмечены на участке № 1, что обусловлено многолетним полным прекращением выпаса, разнородностью условий биотопа (микрорельефом) и оптимальным режимом увлажнения (Табл. 2).

На участке № 2 (бывший сенокос) из-за развития мощной дернины водный режим ухудшается. Вследствие начавшегося процесса закустаривания и сильного изменения экотопа, активизируются сукцессионные процессы, существенно меняются режим освещенности и конкурентные отношения между растениями, что приводит к снижению видовой насыщенности (Табл. 2). Условия развития растений на пастбище (участок № 3) нивелируют структурную основу сообщества, многие виды распределены разрежено, поэтому, несмотря на увеличение размеров учетных площадок (с  $0,1 \text{ м}^2$  до  $1 \text{ м}^2$ ), эти показатели были достаточно близки (9,6–12,8 видов). На участке № 4 (нерегулярный сенокос) отчуждение фитомассы в сочетании с интенсивным закустариванием снижает как общее проективное покрытие (70–80 %), так и флористическое разнообразие (7,5–11,1 видов).

Определение количественных соотношений между компонентами в сообществах, оценка степени участия вида в ассимиляционном процессе позволяют установить степень сложности лугового сообщества (Рис. 1). Здесь наиболее распространены виды, имеющие самый низкий – 5-й класс встречаемости (0–20 %), они главенствуют на участке № 3. Здесь же отмечены и виды из 1-го класса (80–100 %) (типчак, чабрец, лапчатка), которые отсутствуют в фитоценозах первых двух участков. Полное снятие антропогенных нагрузок способствует развитию полидоминантного фитоценоза, поэтому на пробных участках №1 и № 2 показатели встречаемости видов более выровнены. Наряду с растениями из 5-го класса, довольно значимы представители 3-го и 4-го классов (погребок летний, нивяник обыкновенный, лабазник обыкновенный). Следует отметить, что на участках, где

антропогенное воздействие отсутствует, косвенное влияние на формирование ценоза, урожай, структуру и количественные отношения между видами в сообществе оказывают также полупаразиты – погремек летний и мытник Сибторпа.

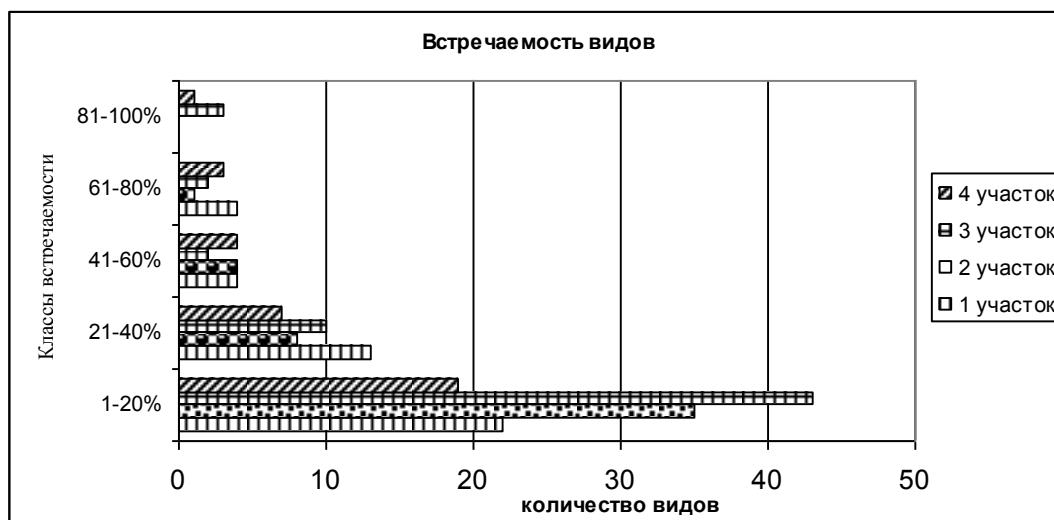


Рис. 1. Встречаемость видов растений по классам на пробных участках пойменных лугов рек Альмы и Качи :  
1. 81-100 %; 2) 61-80 %; 3) 41-60 %, 4) 21-40 %, 5) 1-20 %

На сухих лугах усиливается мезофитизация (участки №№ 1 и 4), а на влажных (участок № 2) – гигрофитизация травостоев. Это связано с тем, что ряд луговых растений (ежа сборная, типчак, осока лесная) не ограничивают только активность почвенных микроорганизмов, они обеспечивают кумулятивный эффект воздействия. Как следствие, создаются благоприятные условия для внедрения в состав лугов древесно-кустарниковой растительности, идет интенсивное закустаривание и замещение луговых фитоценозов на пойменные древесные сообщества, пионерами заселения выступают: боярышник, груша, яблоня, терн, шиповник (участок № 2), лещина, груша, свидина, бересклет, бирючина (участок № 4). Сильно выражена мозаичность травостоя. Под пологом деревьев встречаются лесные виды, на освещенных участках – луговые. Интенсивность процесса разложения растительного материала меняется по годам в зависимости от погодных условий. По данным В. Н. Макаревича [20] в засушливые годы полное разрушение растительного материала на лугах происходит за 2,5 года, в благоприятные по увлажнению – за 1,5–2 года, но постепенно этот процесс удлиняется на демулационных участках при заповедном режиме.

На участке № 2 было изучено пространственное размещение доминирующих древесных видов бесплощадочным учетом путем измерения расстояния между особями. Данные промеров разбиваются на классы расстояний, результаты представлены графически (Рис. 2).



Рис.2 Средние расстояния между растениями в квадрантах без деления по видам на участке № 2.

Чем выше обилие вида, тем большее количество его особей находится в первых классах расстояния, тем равномернее он представлен в фитоценозе. Промеры выявили, что преобладающие между особями расстояния – 1–3 м, т.е. плотность размещения деревьев и кустарников на участке достаточно высока.

Расстояние между особями большинства изученных видов также очень близки, наиболее распространена длина между экземплярами деревьев – 1–3 м, только между кустарниками эти показатели более значительны (Рис. 3 и 4).



Рис. 3. Пространственное размещение экземпляров деревьев и кустарников методом ближайшей особи данного вида на участке № 2.



Рис. 4. Парное расстояние между особями боярышника с экз. груши, яблони и терна на участке №2

С учетом проведенных исследований можно утверждать, что в горизонтальной структуре данного лугового сообщества преобладают следующие типы размещения: случайное и куртинное, связанные с экологией и биологией видов, времени их расселения, взаимоотношениями между ними и т.п. Чем выше обилие каждого из древесно-кустарниковых видов, тем ближе расположены его особи, тем равномернее он представлен в фитоценозе. Установлено, что преобладающие расстояния между особями – 1–3 м, т.е. плотность размещения деревьев и кустарников на участке № 2 достаточно высокая.

Следует отметить, что возраст большинства особей этих видов – 10–15 лет, только единичные экземпляры боярышника и груши достигали уже 20–25 лет, на основании чего можно сделать вывод, что процесс закустаривания и наступления древесной растительности на луговое сообщество усилился в последние десятилетия. Именно в это время, благодаря развитию мощной подстилки, как регулятора режима увлажнения и обеспеченности элементами питания, были созданы более благоприятные условия для внедрения деревьев. Нескошенная и отмершая трава в зимнее время способствует накоплению снега, препятствуя глубокому промерзанию почвы зимой и худшему ее прогреванию весной и летом, что приводит к сдвигу фенологических фаз развития растений на более поздний период. Многие виды на участках №№ 1, 2 и 4 в начале лета еще находились в стадии бутонизации, тогда как на участке № 3 они же уже активно цвели.

Наши выводы о различиях в горизонтальной структуре изученных участков пойменных лугов подтверждаются также величинами рассчитанных коэффициентов рассеяния (дисперсности) и пестроты сложения [13, 14] (Табл. 3).

**Таблица 3**  
**Коэффициенты, оценивающие сложение фитоценозов пойменных лугов**

№ участка	Коэффициент дисперсности			Коэффициент пестроты сложения, %		
	на 0,1 м <sup>2</sup>	на 0,25 м <sup>2</sup>	на 1 м <sup>2</sup>	на 0,1 м <sup>2</sup>	на 0,25 м <sup>2</sup>	на 1 м <sup>2</sup>
1	3,8	3,4	1,8	26,5	29,8	55,6
2	5,6	4,3	3,3	17,9	23,3	30,6
3	6,3	5,5	4,7	16,0	18,2	27,3
4	4,5	3,5	3,1	22,1	28,8	32,6

Самые высокие показатели коэффициента дисперсности выявлены на функционирующем пастбище (участок № 3), что свидетельствует о высоком уровне мозаичности и наиболее неоднородном сложении фитоценоза. Расчет коэффициента пестроты сложения показал, что самые высокие величины этого показателя (26,6–55,6 %) отмечены на участке № 1, что свидетельствует о более равномерном и однородном сложении этого фитоценоза, элементы мозаики растительности здесь почти не проявляются. Это также является доказательством диффузного распределения видов, что свидетельствует о высокой степени выработанности существующего фитоценоза.

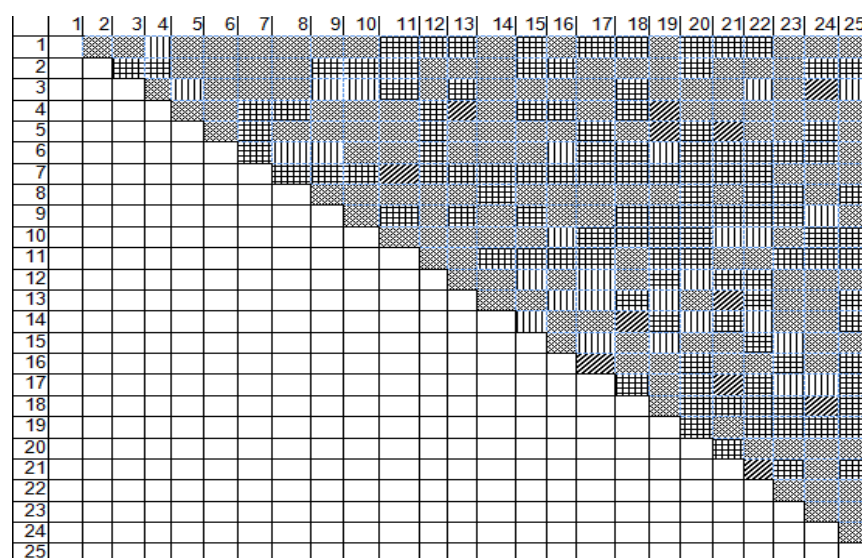


Рис. 5. Горизонтальное размещение учетных площадок на уч. № 1 с расчетом величины видового сходства между ними по коэффициенту Жаккара





Были заложены учетные площадки 0,1 м<sup>2</sup> в 25-кратной повторности. подсчитано число видов на каждой из них, а затем рассчитан коэффициент флористического сходства Жаккара между ними [13]. Далее коэффициенты сгруппированы по 5-ти классам от низких – 1–20 % до высоких – 80–100 %, полученные результаты представлены на Рис. 5 и Рис. 6.

Горизонтальная структура фитоценозов, не подверженных выпасу, проявляется в контурной мозаичности. При этом элементы мозаики (пятна растительности) имеют, чаще всего, уникальный (индивидуальный) характер, т.е. не повторяются в пределах каждого участка (Рис. 5 и Рис. 6). Сгруппировав по 5 классам коэффициенты Жаккара на 2-х демутационных участках (из-за большой трудоемкости вычислений, мы ограничились только двумя участками), хорошо заметно на данных рисунках, что в горизонтальной структуре травостоя главенствуют показатели низкой степени сходства между учетными площадками. Следует отметить, что на 1 участке коэффициенты флористического сходства имеют более высокие величины, шире их спектр (от 1 до 40 %), в сумме они от общего числа площадок составили – 87,6 %. На 2 участке преобладают более низкие показатели этих коэффициентов (1–30 %), но в сумме число их выше – 97,9 %.

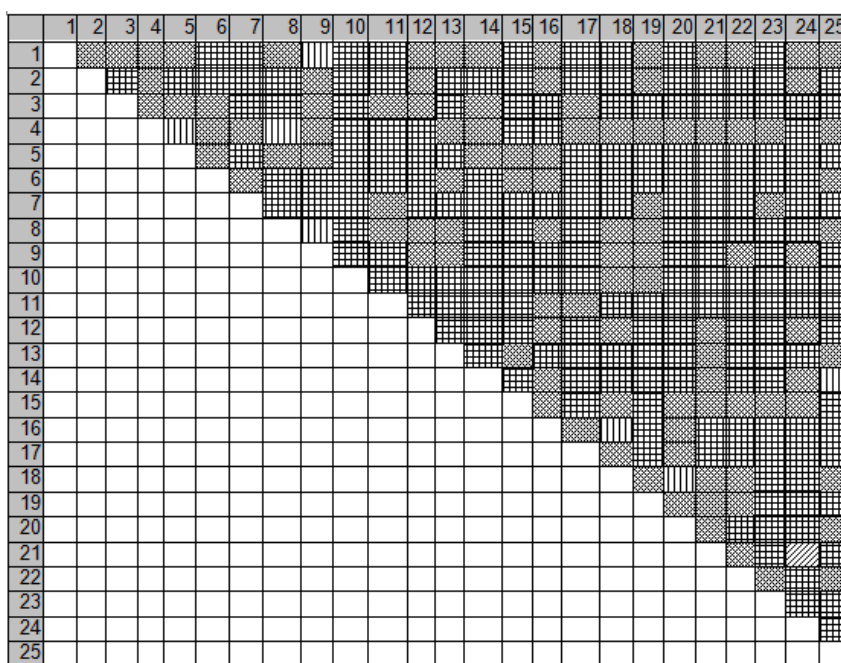


Рис. 6. Горизонтальное размещение учетных площадок на уч. № 1 с расчетом величины видового сходства между ними по коэффициенту Жаккара



Яркие элементы мозаики с высокими показателями коэффициента Жаккара (от 81–100 %) вообще не встречается на обоих участках. Следовательно, и этот коэффициент подтверждает, что снятие рекреационных нагрузок и интенсивный многолетний демутационный процесс сформировал крайне неоднородные сообщества. На участке № 2, где идет закустаривание и формирование древесно-кустарникового яруса, происходит активное замещение лугового ценоза на лесной с переходной формой кустарниковых зарослей с фрагментами луговых комплексов, вот почему такое низкое сходство по составу компонентов сравниваемых участков и такая высокая неоднородность структуры.

Для продолжения наших исследований по пойменной растительности, мы привлекли для изучения также и лесных фитоценозы, проанализировав их состав, структуру, оценили санитарное состояние и вопросы возобновления, раскрывающие направленность будущих смен и перестроек лесной растительности на территории заповедника.

Изученные лесные фитоценозы относятся к III классу бонитета. Сообщество на участке № 5 в верховьях русла реки Качи наиболее продуктивно, сомкнутость древостоя – 0,8, высота деревьев – 18–20 м, возраст древостоя 90–100 лет, встречаются отдельные экземпляры бука до 140–160 лет. Сходен по составу и структуре шестой участок, но здесь уже главенствует древостой 70–80 лет, высотой до 18 м и сомкнутостью 0,7–0,8. На участке № 7 (на границе заповедника) преобладает возраст деревьев 50–60 лет, сомкнутость значительно ниже – 0,5–0,6, высота главного яруса достигает только 14–16 м. Здесь появляются признаки изреженности главного и идет активное формирование кустарникового яруса – это лещина, кизил, свидина, клен со средней высотой до 6–7 м и возрастом 30–50 лет.

На втором участке единично встречаются в подлеске: граб, лещина, клен, кизил, не образуя устойчивого сомкнутого яруса. По мере роста изреженности сообщества (участок № 7) и увеличения освещенности под пологом формируется устойчивый второй ярус сомкнутостью – 0,4–0,6. В составе его отмечены: кизил, боярышник, ежевика, шиповник, свидина с высотой до 3–5 м. В травостое господствуют разнотравье при полном отсутствии биогрупп: осок, злаков и бобовых. На участке № 7 среди более осветленных мест появляются луговые травы. Общее проективное покрытие в травостое на участках №№ 5–7 соответственно: 30–40 %, 40–50 % и 60–70%, сильно выражена неоднородность сложения, разреженность и мозаичность. Рост проективного покрытия травостоя на участке № 7 обусловлено существенным снижением сомкнутости крон.

Санитарное состояние пробных участков хорошее, число погибших и усохших деревьев сравнительно невелико (3,9–7,5 %). Это свидетельствует о благоприятных условиях для развития изученных фитоценозов. Поэтому исследованные участки на территории заповедника по принятой классификации санитарного состояния относятся к I и II категории.

Обобщенные данные по основным лесотаксационным характеристикам древостоя пробных площадей отражают общие тенденции: большое разнообразие типов леса и переходных группировок, высокая активность сукцессионных процессов, значительные колебания возрастного состава [14, 21]. На этих

территориях сформированы коренные пойменные леса, которые вырублены ниже по течению реки за пределами границ заповедника.

Возобновление основных лесобразующих пород отражает общую тенденцию замены одних видов на другие в изменчивых условиях аллювиально-делювиального почвенного покрова и крутизны берегов. Ни на одном из изученных участков ольха черная не дает устойчивого возобновления, но в сочетании с другими породами его можно считать удовлетворительным. Возобновляемость дуба, граба, бука очень низкое из-за крайне изменчивого режима увлажнения (периодическое подтопление), валовые запасы основных питательных веществ удовлетворительны на всех участках (Табл. 1) Высокая вариабельность видового состава, обилие переходных группировок пойменных лесов делает их очень уязвимыми к переменчивым условиям поймы реки, поэтому вопросы их охраны и защиты актуальны даже на территории заповедника, в них нельзя допускать даже санитарные рубки, только удаление топляка, перегораживающего русло.

Сохранение основных функций данных лесов: средообразующих, водоохраных, противозрозионных и др. возможно обеспечить только активными лесовосстановительными работами вдоль русла реки за пределами заповедника, что повысит полноводность реки и будет противодействовать паводковым процессам, которые здесь очень распространены в весенний период.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Флористическое разнообразие пойменных лугов снижается в процессе демуляции фитоценозов вследствие выпадения однолетников и видов, не приспособленных к смене микроклимата и режима увлажнения.
2. Средообразующая способность эдификаторов луговых ценозов выражена слабо по сравнению с влиянием экотопа. Они, создавая и определяя режим фитосреды, сами в своей динамике зависят от параметров экодинамических факторов и возрастной структуры их популяций.
3. Мощная формирующаяся многолетняя подстилка, соизмеримая своими запасами с фитомассой, как значимый средообразующий фактор, изменяющий физико-химические свойства почв, оказывает решающее влияние на адаптацию видов к условиям произрастания, регулирует их отбор и замедляет ритм сезонного развития растений.
4. Демутационные процессы в пойменных лугах с усилением влажности почв способствуют активизации процессов закустаривания, постепенного замещения лугов на переходные формы кустарниковых зарослей с фрагментами луговых комплексов и активным внедрением коренной древесной растительности.
5. Для сохранения луговых сообществ на заповедных территориях следует проводить периодическое сенокосение. Именно заготовка сена наиболее перспективна, как для реализации ценных кормов и получение дополнительных финансовых ресурсов для заповедника, так и для их стабилизации.
6. Пойменные коренные леса вдоль русла реки Качи сохранились только на территории Крымского природного заповедника. Они отличаются большим разнообразием типов и переходных группировок, высокой активностью

сукцессионных процессов, значительным колебаниям возрастного состава и структуры, имеют хорошее санитарное состояние, но крайне низкий уровень возобновления основных лесообразующих пород, поэтому они очень уязвимы к переменчивым условиям поймы (периодические подтопления) реки. Следовательно, вопросы их охраны и защиты актуальны даже на территории заповедника.

### Список литературы

1. Понятовская В. М. Учет обилия и характера размещения растений в сообществах / В. М. Понятовская // Полевая геоботаника. – Т. III. – М.-Л.: Наука, 1964. – С. 209–289.
2. Смелов С. П. Теоретические основы луговодства / С. П. Смелов. – М.: Колос, 1966. – 324 с.
3. Куркин К. А. Системные исследования динамики лугов / К. А. Куркин. – М.: Наука, 1976. – 284 с.
4. Плугатарь Ю. В. Из лісів Криму. Монографія / Ю. В. Плугатарь – Харьков: Новое слово, 2008. – 462 с.
5. Номоканов Л. И. Пойменные луга Сибири / Л. И. Номоканов // Естественные кормовые ресурсы СССР и их использование. – М.: Наука, 1978. – С. 79–94.
6. Работнов Т. В. Луговедение. / Т. В. Работнов. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 319 с.
7. Воронов А. Г. Геоботаника / А. Г. Воронов. – М.: Высшая школа, 1986. – 383 с.
8. Олиферов А. Н. Реки и озера Крыма / А. Н. Олиферов, З. В. Тимченко – Симферополь: Доля, 2005. – 216 с.
9. Миркин Б. М. Современная наука о растительности / Б. М. Миркин, А. Г. Наумова, А. И. Соломещ. – М.: Логос, 2002. – 264 с.
10. Воробьев Д. В. Методика лесотипологических исследований / Д. В. Воробьев – К.: Урожай, 1967. – 367 с.
11. Лысысянь М. Е. Основы лесоводства и лесной таксации / М. Е. Лысысянь, В. С. Сергеева – Л.: Лесная промышленность, 1990. – 220 с.
12. Грейг-Смит П. Количественная экология растений / П. Грейг-Смит. – М.: Мир, 1967. – 327 с.
13. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1978. – 343 с.
14. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений / Ю. А. Злобин. – Казань: Казанский ун-т, 1989. – 146 с.
15. Аринушкина В. В. Руководство по химическому анализу почв / В. В. Аринушкина. – М.: Наука, 1970. – С. 130–139.
16. Ипатов В. С. Фитоценология / В. С. Ипатов, Л. А. Кирикова – С-Пб: С-ПбГУ, 1998. – 314 с.
17. Albertson F. W. Ecology of drought cycles and grazing intensity on grasslands of central Great Plains. / F. W. Albertson, G. W. Tomanek, A. T. Riegel – Ecol. Monogr. – 1979 – V. 27, № 1. – P. 43–59.
18. Laude I. M. The nature of summer dormancy in perennial grasses. / Laude I. M. – Bot. Gaz., 1987. – V. 114, N. 3. – P. 45–63.
19. MacArthur R. H. The biology of populations. / R. H. MacArthur, J. H. Connel – N-Y.: J. Wiley, 1996. – 200 p.
20. Макаревич В. Н. Динамика растительной массы с учетом её структурного состава / В. Н. Макаревич // Продуктивность луговых сообществ. – Л.: Наука, 1978. – С. 160–195.
21. Поляков А. Ф. Водорегулирующая роль горных лесов Карпат и Крыма и пути оптимизации при антропогенном воздействии / А. Ф. Поляков. – Симферополь, 2003. – 220 с.

**DYNAMICS OF HORIZONTAL STRUCTURE FLOODPLAIN VEGETATION IN  
PROTECTED AREAS OF CRIMEA**

*Kobechinskaya V. G.*

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

*E-mail: valekohome@mail.ru*

The long-term monitoring of structure of floodplain meadows and forests on the territory of the Crimean Natural Reserve and in the water protection zone of the Zagorski reservoir for drinking purpose. Research methods and statistical processing of the material are briefly listed. For the first time for the flood meadows of the rivers Alma and Kacha we carried out a detailed study on the reduction of the dynamics of floodplain phytocenoses the complete removal of moderate anthropogenic pressure. We studied the composition, horizontal and vertical structure, spatial placement of plants meadow and forest vegetation, as well as soil addition features.

The reaction of the soil solution is close to neutral in the meadows, in the woods is slightly acid, which is caused by acidification of decaying litter stand. In general, gross reserves of essential nutrients are satisfactory. They vary according to accounting areas along the river from the upper stream, with slight variations of nitrogen. These parameters are higher in forest plantations. As the load gains, the content of phosphorus increases and that of potassium decreases. In forest areas, this relation is not found. Phosphorus and potassium content are similar along the river from the headwaters to the borders of the reserve. The alluvial-meadow and black earth meadow soils are formed in the upper stream of protected areas, whereas meadow black earth soils are formed in the middle course.

Complete cessation of grazing and hay-making over the past 25 years have led to a change of floristic diversity of floodplain meadows. During demutation model of inhibition is implemented, because in the presence of a dense layer of long-term settlement of the litter and the germination of seeds of other plant species becomes impossible.

Habitat-forming ability of meadow cenose edificators is weak in comparison with the influence of ecotope. Creating and defining phyto environment, these edificators themselves in their dynamics depend on parameters of exodynamic factors and age structure of their populations.

Demutation processes in floodplain meadows with increasing soil moisture contribute to the activation of bush encroachment processes, gradual replacement of the meadows to the transitional forms of scrub with fragments of meadow complexes and active implementation of indigenous woody vegetation. For their preservation a periodic haymaking should take place, for the sale of feeds and receiving additional financial resources to the reserve, and also for their stabilization.

Floodplain indigenous forests along the Kacha river remained only on the territory of the Crimean Natural Reserve. They have a great variety of types and transient groups, high activity of successional processes, significant fluctuations in the age composition and structure. They are in good sanitary condition but the very low level of renewal of the

main forest-forming species. Therefore, they are very vulnerable to changing conditions of the floodplain (periodic flooding) river, so their conservation issues and protection are relevant even in a protected area.

**Keywords:** meadow plant communities, riverine forests, protected areas, floristic diversity, renewal, demutation processes.

### References

1. Poniatowski V. M. Accounting for the abundance of nature and disposition of plants in communities. *Field geobotany*, 209 (M.- L.: Nauka, 1964)
2. Smelov S. P. *Theoretical Foundations of grassland*, 324 p. (M.: Kolos, 1966).
3. Kurkin K. A. *System dynamics research meadows*, 284 p. (M.: Nauka, 1976).
4. Plugatar J. V. *Iz lisiv Kryma*. Monograph, 462 p. (Kharkov: Novoe Slovo, 2008).
5. Nomokanov L. I. *Floodplain meadows Siberia*, The natural food resources of the USSR and their use, 79 (Moscow: Nauka, 1978).
6. Rabotnov T. V. *Lugovedenie*, 319 p. (M.: MGU, 1983).
7. Voronov A. G. *Geobotany*, 383 p. (M.: Higher School, 1986).
8. Oliferov A. N., Timchenko Z. V. *Rivers and lakes of Crimea*, 216 p. (Simferopol: Dolya, 2005).
9. Mirkin B. M., Naumova A. G., Solomesch A. I. *The modern science of vegetation*, 264 p. (M.: Logos, 2002).
10. Vorobyov D. V. *Research Methodology of forest typological studies*, 367 p. (K.: Urozhai, 1967).
11. Lysysyan M. E., Sergeyeva V. S. *Basics of forestry and forest inventory*, 220 p. (A.: The forest industry, 1990).
12. Greig-Smith P. *Quantitative plant ecology*, 327 p. (M.: Mir, 1967).
13. Lakin G. F. *Biometrics*, 343 p. (M.: Higher School, 1978).
14. Zlobin U. A. *Principles and methods for the study of plant populations cenotic*, 146 p. (Kazan: Kazan University Press, 1989).
15. Arinushkina V. V. *Guidance on chemical analysis of soil*, 130. (M.: Nauka, 1970).
16. Ipatov V. S., Kirikova L. A. *Phytocenology*, 314 p. (Saint-Petersburg: St. PbGU, 1998).
17. Albertson F. W., Tomanek G. W., Riegel A. T. *Ecology of drought cycles and grazing intensity on grasslands of central Great Plains*, **27**, **1**, 43 (Ecol. Monogr., 1979).
18. Laude I. M. *The nature of summer dormancy in perennial grasses*, **114**, **3**, 45 (Bot. Gaz., 1987).
19. MacArthur R. H., Connell J. H. *The biology of populations*, 200 p. (N-Y.: J. Wiley, 1996).
20. Makarevich V. N. *Dynamics of plant matter in view of its structural composition*, Productivity meadow communities, 160 (L.: Nauka, 1978).
21. Polyakov A. F. *Water regulating role of mountain forests of the Carpathians and the Crimea and ways of optimization under anthropogenic impact*, 220 p. (Simferopol, 2003).

**УДК 612.821**

## **ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕОРГАНИЗАЦИИ СЕНСОМОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ У ЛИЦ С ДЕПРИВАЦИЕЙ СЛУХА**

*Лизогуб В. С.<sup>1</sup>, Юхименко Л. И.<sup>1</sup>, Зганяйко Ю. Ф.<sup>2</sup>, Кожемяко Т. В.<sup>1</sup>, Коваль Ю. В.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт физиологии имени М. Босого Черкасского  
национального университета имени Богдана Хмельницкого, Черкассы, Украина*

*<sup>2</sup>Научно-реабилитационный центр «Краина добра», Черкассы, Украина  
E-mail: v\_lizogub@ukr.net*

У детей, подростков и юношей со слуховой депривацией исследовали и провели анализ функциональной реорганизации простых (ПЗМР), сложных зрительно-моторных реакций выбора одного (РВ1-3), дифференцирования двух из трех (РВ2-3) раздражителей. Установлены общие для глухих и лиц с нормальным слухом закономерности и выявлены особенности возрастной динамики различных по сложности сенсомоторных функций. Латентные периоды простых и сложных зрительно-моторных реакций у глухих и детей подростков, юношей с нормальным слухом, постепенно уменьшались, а скорость реагирования повышалась, и достигала максимального значения в 18–19 лет. У глухих во всех возрастных группах скорость простых и сложных зрительно-моторных реакций оказались ниже, чем у лиц с нормальным слухом. У глухих возрастная реорганизация сенсомоторных функций происходила более интенсивно, особенно, на сложные, чем на простые реакции.

**Ключевые слова:** онтогенез, сенсомоторные функции, функциональная реорганизация, слуховая депривация.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение особенностей становления различных по сложности сенсомоторных функций в онтогенезе у человека имеет важное значение для понимания физиологических механизмов интегративной деятельности мозга [1–4]. Однако на сегодня не выясненными остаются изменения возрастной динамики сенсомоторных функций, которые вызваны слуховой депривацией.

На модели зрительной депривации у животных была показана высокая чувствительность незрелого мозга к измененным сенсорным условиям существования на ранних этапах онтогенеза [5]. Накоплены результаты относительно структурной и функциональной реорганизации деафферентированной сенсорной системы у животных, слепых и глухих людей [6–11]. Результаты исследований свидетельствуют о высокой пластичности сенсорных систем глухих людей, но механизмы нейроонтогенеза на сегодня полностью не раскрыты.

Изучение феномена слуховой депривации у человека связано, главным образом, с обследованиями взрослых людей. Методами нейроанатомии и нейрофизиологии, транскраниальной магнитной стимуляции и современной нейровизуализации установлено, что структурные и функциональные последствия врожденной и приобретенной глухоты часто включают изменения в рецепторных волосковых

клетках кортиевого органа, подкорковых и корковых структурах головного мозга [12]. Существуют данные, что долгосрочные изменения в корковых структурах связаны с наличием или отсутствием кроссmodalной пластичности и мультисенсорной обработки информации. Показана разнородность структурных изменений головного мозга при дисфункциях слуха [13]. Некоторые из исследователей обнаружили уменьшение объема или микроструктуры белого с сохранением серого вещества слухового центра глухих. Структурные изменения у глухих были найдены и за пределами слуховой области [13]. До сих пор остается непонятным какие изменения претерпевает функциональная реорганизация сенсомоторной системы на разных этапах онтогенеза при условиях ограниченной звуковой аферентации. В этом случае сенсомоторные реакции зрительной модальности на нагрузки различной степени сложности есть единственным неинвазивным методом, который непосредственно регистрирует функциональное состояние сенсомоторных функций у глухих.

**Цель статьи** – обнаружить закономерности и особенности функциональной реорганизации сенсомоторных функций различной сложности у детей, подростков и юношей со слуховыми дисфункциями.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Обследовали 76 детей, подростков и юношей с двусторонними слуховыми дисфункциями и 120 сверстников с нормальным слухом. Исследование сенсомоторных функций включало определение характеристик латентных периодов простых зрительно-моторных реакций (ПЗМР), реакций выбора одного (РВ1-3) и дифференцирования, двух (РВ2-3) из трех раздражителей (круг, квадрат и треугольник). Для исследования простых и сложных сенсомоторных реакций была использована методика и компьютерный диагностический комплекс «Диагност-1М» [1].

Для определения ПЗМР обследуемому предлагали при появлении на экране монитора любой геометрической фигуры как можно быстрее правой (левой) рукой нажимать и отпускать кнопку. При условии исследования РВ1-3 необходимо было при появлении на экране монитора фигуры «квадрат» предлагали как можно быстрее нажимать и отпускать правую кнопку. На другие сигналы кнопку не нажимать. При определении РВ2-3 двух (положительных) из трех (одного тормозного) раздражителей предлагали при появлении на экране монитора сигнала фигуры «квадрат» как можно быстрее правой рукой нажимать и отпускать правую кнопку. При появлении фигуры «круг» – левой рукой левую кнопку. На фигуру «треугольник» ни левую, ни правую, кнопки не нажимать. Индивидуальным показателем сенсомоторных реакций мы считали то значение латентного периода, которое было наименьшим в трех измерениях каждого теста.

Полученные результаты обрабатывали компьютерной программой Microsoft Excel-2010.



**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В возрастном диапазоне от 8 до 19 лет были исследованы и проанализированы особенности формирования различных по сложности сенсомоторных реакций у обследуемых со слуховой депривацией. Для установления закономерностей и особенностей формирования сенсомоторных функций у глухих проводили сопоставление с результатами лиц с нормальным слухом. Результаты сенсомоторных реакций ПЗМР, РВ1-3 и РВ2-3, в разные возрастные периоды лиц со слуховой депривацией и нормальным слухом представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Возрастная динамика простых и сложных сенсомоторных реакций у лиц с депривацией и нормальным слухом**

Возрастные группы, годы	Сенсомоторные реакции различной сложности (X±m), мс					
	ПЗМР		РВ <sub>1-3</sub>		РВ <sub>2-3</sub>	
	Норм. слух	Глухие	Норм. слух	Глухие	Норм. слух	Глухие
8-9	303,2±8,1	344,7±9,4*	411,0±9,2	496,0±18,0*	517,3±7,8	582,3±17,8*
10-11	270,5±7,8	337,6±11,7*	391,4±8,1	465,5±13,9*	480,5±7,5	519,1±16,2*
12-13	263,5±6,7	294,9±7,9*	375,4±9,5	417,3±11,3*	456,3±8,3	505,3±12,0*
14-15	260,3±8,1	284,6±11,1*	369,1±7,3	386,5±11,1	432,8±5,9	461,5±7,3*
16-17	248,7±7,1	257,8±7,4	357,1±4,8	362,1±5,8	429,5±6,4	439,0±7,1
18-19	244,3±4,4	266,6±11,5	350,3±4,5	367,5±11,6	421,4±7,1	427,3±10,3

Примечание: \* – достоверность разниц  $p < 0,05$  между группами с нормальным слухом и глухими, в пределах одного возрастного периода.

Наибольшее время ПЗМР было установлено у детей 8–9 лет, а минимальных значений этот показатель достигал у юношей 18–19 лет. У обследуемых обеих групп ПЗМР постепенно уменьшалась с возрастом ( $p < 0,05$ ).

Кроме того, во всех возрастных группах у глухих обнаружены большие значения латентных периодов ПЗМР, чем с нормальным слухом. Значимые различия средних значений ПЗМР были характерны для возрастных групп 8-9, 10-11, 12–13 и 14–15 лет ( $p < 0,05$ ). Отсутствуют значимые различия средних значений в возрастных группах 16–17 и 18–19 лет ( $p > 0,05$ ).

Возрастная динамика сложных реакций выбора РВ1-3 в группах детей, подростков и юношей, с нормальным слухом и глухих характеризовалась постепенным уменьшением латентных периодов ( $p < 0,05$ ). Наибольшее время РВ1-3 было установлено у детей 8–9 лет, а минимальных значений этот показатель достигал в возрасте 18–19 лет, что указывает на достижение максимального развития этого показателя у юношей. Кроме того, во всех возрастных группах обследуемых со слуховой депривацией обнаружены большие значения латентных периодов РВ1-3, чем у лиц с нормальным слухом. Значимые различия средних величин РВ1-3 были выявлены в группах 8–9, 10–11 и 12–13 лет ( $p < 0,05$ ).

Отсутствуют значимые различия латентных периодов РВ1-3 в возрастных группах 14–15, 16–17 и 18–19 лет ( $p > 0,05$ ).

Исследование времени реакций дифференцирования РВ2-3 у лиц с разным состоянием слуховой функции показало, что как в группе глухих, так лиц с нормальным слухом наибольшее время для выполнения сенсомоторного задания было обнаружено у детей 8–9 лет. В последующем, во всех возрастных группах глухих и с нормальным слухом наблюдалось постепенное повышение скорости сенсомоторного реагирования РВ2-3. Минимальных значений латентный период РВ2-3 достиг к 18–19 годам. Изменения показателя РВ2-3 с возрастом имели достоверные отличия ( $p < 0,05$ ). Кроме того, во всех возрастных группах обследуемых со слуховыми дисфункциями обнаружены большие значения латентных периодов РВ2-3, чем у лиц с нормальным слухом. Статистически значимые различия между средними значениями РВ2-3 у лиц с нормальными слухом и глухими были обнаружены в возрастных группах 8–9, 10–11, 12–13 и 14–15 лет ( $p < 0,05$ ). В возрастных группах 16–17 и 18–19 лет различия средних значений РВ2-3 у лиц с нормальными слухом и глухими не достигли порога значимости ( $p > 0,05$ ).

В результате исследований возрастной динамики различных по сложности зрительно-моторных реакций у глухих и лиц с нормальным слухом установлен параллелизм развития. Четко в онтогенезе сенсомоторных функций выделяется общая закономерность, которая описана в литературе – уменьшение латентных периодов и повышение скорости реагирования [14–16]. Обнаружены общие для обеих групп закономерности возрастной динамики формирования сенсомоторных функций, что свидетельствует о генетически детерминированной программе их развития [16]. Очевидно, приведенные данные свидетельствуют о постепенной структурной и функциональной реорганизации сенсорных и моторных систем, а также разных структур мозга, которые обеспечивают переработку сложной сенсомоторной информации. Известно, что у детей, подростков и юношей, происходит постепенное изменение в развитии прецентрального участка коры мозга [17]. В 7–12 лет совершенствуется межцентральное взаимодействие и в целом завершается функциональное созревание ассоциативных зон коры головного мозга, которые регулируют сложную двигательную активность [18]. Повышение скорости переработки информации у детей, подростков и юношей, вероятно, связано с последующей сопряженной морфологической и функциональной перестройкой в нейронных сетях коры головного мозга и нервно-мышечного аппарата [17].

Привлекает внимание и тот факт, что показатели ПЗМР во всех возрастных группах как у глухих, так и слышащих были меньшими по сравнению со временем, который был необходим для переработки сложной информации РВ1-3 и РВ2-3 ( $p < 0,01-0,001$ ). Вероятно, скрытое время реакции есть прямолинейной функцией того количества информации, которое несет в себе сигнал и зависит от сложности и степени неопределенности его во время предъявления. В нашем эксперименте были выбраны три способа организации зрительно-моторных актов обследуемых: ПЗМР, РВ1-3 и РВ2-3. Статистическая достоверность указанных способов организации сенсомоторных реакций доказана нами методом дисперсионного анализа ( $p < 0,05$ ).

Не исключено, что у обследуемых, при выполнении различных по сложности сенсомоторных реакций избирательно были задействованы различные механизмы зрительно- моторных реакций [5]. Мы выделили два основных механизма, которые связаны со сложностью зрительно-моторных реакций. Один из них касается латентных периодов ПЗМР и объясняет, что этот зрительно-моторный акт осуществляется без активного участия высших отделов центральной нервной системы. Нейрофизиологические механизмы простых зрительно-моторных реакций, очевидно, связаны с супраспинальными влияниями на возбудимость сегментарных структур, а эти параметры можно рассматривать как такие, которые характеризуют реактивность систем активации стволового уровня [19].

Второй – касается РВ1-3 и, особенно, реакций дифференцирования РВ2-3. Для осуществления таких зрительно-моторных реакций необходимо было привлечь множество нервных структур, в том числе высшие центры коры головного мозга, которые отвечают за аналитико-синтетическую деятельность [16].

Ежегодное повышение скорости простых и сложных зрительно-моторных реакций у детей, подростков и юношей отличаются у слышащих и глухих лиц. Отметим, что с возрастом уменьшение латентных периодов происходит быстрее у глухих, чем у лиц с нормальным слухом. На рис. 1 показаны относительные возрастные изменения простых и сложных реакций выбора.

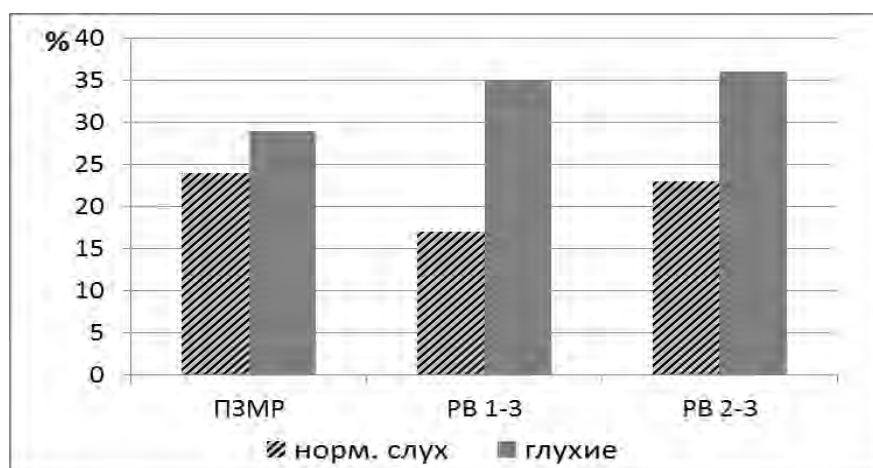


Рис. 1. Возрастная динамика изменения показателей простых и сложных сенсомоторных реакций у глухих и лиц с нормальным слухом (% относительно значений 18–19 лет)

Характеристика возрастных изменений ПЗМР, РВ1-3 и РВ2-3, которую мы провели путем сопоставления относительных величин, вычисленных в процентах от 8–9 к 18–19 годам показала, что латентные периоды простых и сложных сенсомоторных реакций, как у лиц с дисфункцией слухового анализатора, так и с нормальным слухом каждые 2 года сокращались и в 18–19 лет приближались к своему максимуму (100 %). Показатель ПЗМР за период с 8–9 и до 18–19 лет у

глухих улучшился на 29 %, а у лиц с нормальным слухом на 24 % ( $p < 0,05$ ). За этот возрастной период РВ1-3 в группе с нормальным слухом улучшился на 17 %, а в группе глухих на 35 % ( $p < 0,05$ ). Латентные периоды реакции дифференцирования РВ2-3 за период с 8-9 и до 18-19 лет сократились у лиц с нормальным слухом на 23 %, а у глухих на 36 % ( $p < 0,05$ ).

Результаты возрастной динамики латентных периодов простых и сложных сенсомоторных реакций показали, что за период онтогенеза с 8-9 и до 18-19 лет у детей, подростков и юношей, происходит постепенное их уменьшение, но более интенсивно - на реакции выбора и дифференцирования, чем на простые зрительно-моторные акты и, особенно, в группе глухих. Анализ различий в темпах повышения скорости реагирования на простые и сложные зрительно-моторные реакции в группе глухих и слышащих лиц связаны не только с возрастными особенностями, которые происходят в сенсорной, моторной и нервной системе, а также и особенностями участия различных механизмов, связанных со сложностью зрительно-моторных реакций. Нужно думать, что такие особенности обусловлены структурой зрительно-моторной деятельности и свидетельствуют в пользу различного участия в этом структур и уровней нервной системы [20, 21]. В соответствии с литературными данными [19] можно считать, что сложные и простые сенсомоторные реакции несут различное физиологичное содержание и отражают функциональные механизмы разных систем и подсистем. В случае с ПЗМР такая деятельность была направлена, в основном, на обеспечение максимального темпа движений и потому, нужно думать, высшим отделам центральной нервной системы отводится значительно меньшая роль, а основная нагрузка ложится на периферическую нервную систему. Механизмы, которые обеспечивают сложные реакции выбора и дифференцирования, на наш взгляд, отображают реактивность, активацию и регуляцию высшего уровня, в первую очередь, участие фронтально-лимбического комплекса [22, 23]. В случае со сложными зрительно-моторными реакциями такая реакция была результатом скорости восприятия, анализа, переработки информации, и принятие правильного решения, которое требовало более сложной аналитико-синтетической деятельности. Основная роль в этом отводится высшим отделам центральной нервной системе – коре головного мозга и подкорковым структурам, а не только скорости распространения возбуждения, по нейронным комплексам, что было характерно в случае с ПЗМР. Кроме этих механизмов у глухих в нейроонтогенезе имеет место и механизм кроссmodalного взаимодействия мультисенсорной обработки сигналов, на что указывают результаты, приведенные на рис. 1.

Следовательно, результаты исследований позволяют сделать вывод, что возрастная динамика сенсомоторных функций глухих и лиц с нормальным слухом имеет общую тенденцию, как для простых, так и сложных зрительно-моторных актов. Можно считать, что в формировании простых и сложных реакций выбора и дифференцирования возрастным характеристикам принадлежит решающая роль. Однако, тот факт, что у глухих во всех возрастных группах скорость зрительно-моторных реакций ниже, а темпы ежегодного повышения скорости реагирования выше, чем у лиц с нормальным слухом и, особенно на сложные

дифференцировочные реакции можно думать о наличии у них согласованной кроссmodalьной функциональной реорганизации сенсомоторных функций. Такая закономерность в нашем эксперименте имела место во всех возрастных периодах.

Таким образом, особенности формирования сенсомоторных функций указывают на то, что простая и сложная сенсомоторная деятельность обеспечивается разными структурами и механизмы, которые изменяются в онтогенезе. По нашему мнению развитие сенсомоторных функций у детей, юношей и подростков представляет собой хорошо согласованную генетически детерминированную программу усовершенствования элементов, структур и механизмов. Слуховая депривация вносит коррекцию в возрастную динамику функциональной реорганизации различных по сложности сенсомоторных функций, что следует считать как недостаточность развертывания наследственной программы их развития, которая частично компенсируется кроссmodalьными механизмами мультисенсорной обработки информации.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Установлены для глухих и лиц с нормальным слухом закономерности и особенности возрастной динамики различных по сложности сенсомоторных функций.
2. У глухих детей, подростков и юношей, латентные периоды простых и сложных реакций выбора и дифференцирования сенсомоторных функций были достоверно больше, чем в группах с нормальным слухом и постепенно уменьшались, достигая максимального развития в 18–19 лет. Более интенсивно такие изменения происходили на сложные реакции выбора и реакции дифференцирования, чем на простые и, особенно, в группе глухих в сравнении с обследуемыми с нормальным слухом.

### **Список литературы**

1. Макаренко М. В. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини. / Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П. – Черкаси: «Вертикаль», 2014. – 102 с.
2. Макачук М. Ю. Психофізіологія: навч. пос. / Макачук М. Ю., Куценко Т. В., Кравченко В. І., Данілов С. А. – К.: ООО «Інтерсервіз», 2011. – 329 с.
3. Симонов П. В. На стратегических направлениях изучения высшей нервной деятельности / Симонов П. В. // Журн. высш. нервн. деят., 1986. – Т.36, № 2. – С. 285–297.
4. Чайченко Г. М. Фізіологія вищої нервової діяльності. / Чайченко Г. М. – К.: Либідь, 1993. – 218 с.
5. Глезер В. Д. Зрение и мышление. / Глезер В. Д. – СПб.: Наука, 1993. – 284 с.
6. Gougoux F. A Functional Neuroimaging Study of Sound Localization: Visual Cortex Activity Predicts Performance in Early-Blind Individuals / F. Gougoux, R.J. Zatorre, M. Lassonde, P. Voss, F. Lepore // PLoS Biology. – 2005. – Vol. 3 (2), e 27. – P. 0324–0333.
7. Jiang J. Thick Visual Cortex in the Early Blind / J. Jiang, W. Zhu, F. Shi, Y. Liu, J. Li, W. Qin, K. Li, Ch. Yu, T. Jiang // J. Neurosci. – 2009. – Vol. 29 (7). – P. 2205–2211.
8. Klinge C. Increased amygdala activation to emotional auditory stimuli in the blind / C. Klinge, B. Röder, Ch. Büchel // Brain. – 2010. – Vol. 133 (Pt 6). – P. 1729–1736.
9. Ptito M. Alterations of the visual pathways in congenital blindness / Ptito M., Schneider F., Paulson O. B., and Kupers R. // Exp. Brain Res. – 2008. – Vol. 187 (1). – P. 41–49.

10. Renier L. A. Preserved functional specialization for spatial processing in the middle occipital gyrus of the early blind / Renier L. A., Anurova I., De Volder A. G., Carlson S., VanMeter J., Rauschecker J. P. // *Neuron*. – 2010. – Vol. 68 (1). – P. 138–148.
11. Voss P. Occipital Cortical Thickness Predicts Performance on Pitch and Musical Tasks in Blind Individuals / Patrice Voss, Robert J. Zatorre // *Cerebral Cortex*. – 2012. – Vol. 22. – P. 2455–2465.
12. Butler B. E. Functional and structural changes throughout the auditory system following congenital and early-onset deafness: implications for hearing restoration / Butler B. E., Lomber S. G. // *Front. Syst. Neurosci.* – 2013. – Vol. 7. – P. 92
13. Hribar M. Structural alterations of brain grey and white matter in early deaf adults. / Hribar M., Suput D., Carvalho A. A., Battelino S., Vovk A. // *Hear Res.* – 2014. – Vol. 318. – P. 1–10.
14. Бойко Е. И. Время реакции человека. / Бойко Е. И. – М.: Медицина, 1964. – 440 с.
15. Зайцев А. В. Возрастная динамика времени реакции на зрительные стимулы / Зайцев А. В., Лупандин В. И., Сурнина О. Е. // *Физиология человека*, 1999. – Т. 25, № 6. – С. 34.
16. Макаренко М. В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини. / Макаренко М. В., Лизогуб В. С. – Черкаси: «Вертикаль», 2011. – 256 с.
17. Фарбер Д. А. Функциональная организация развивающегося мозга (возрастные особенности и некоторые закономерности) / Фарбер Д. А., Дубровинская Н. В. // *Физиология человека*, 1991. – Т. 17, № 5. – С. 17–24.
18. Сологуб Е. Б. Кортикальная регуляция движений человека. / Сологуб Е. Б. – Л.: Медгиз, 1981. – 183 с.
19. Фейгенберг И. М. Быстрота моторной реакции и вероятностное прогнозирование / Фейгенберг И. М. // *Физиология человека*, 2008. – Т. 34, № 5. – С.51–62.
20. Иваницкий А. М. Принципы и механизмы деятельности мозга человека. / Иваницкий А. М. – Ленинград: «Наука», 1985. – С. 22–24.
21. Коган А. Б. Функциональная организация нейронных механизмов мозга. / Коган А. Б. – Л.: Медицина, 1979. – 224 с.
22. Крик Ф. Проблема сознания / Крик Ф., Кох К. // *В мире науки*, 1992. – №11–12. – С. 113.
23. Лебедев А. Н. Ливанова в количественном описании психологических явлений / Лебедев А. Н. Константа М. Н. // *Психологический журнал*, 1997. – Т. 18, № 6. – С. 96.

#### **AGE DYNAMICS OF FUNCTIONAL REORGANIZATION OF SENSORY-MOTOR FUNCTIONS AMONG THE PERSONS WITH AUDITORY DEPRIVATION**

*Lyzogub V. S.<sup>1</sup>, Yukhymenko L. I.<sup>1</sup>, Zhaniaiko Y. F.<sup>2</sup>, Kozhemiako T. V.<sup>1</sup>, Koval Y. V.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>M. Bosi Research Institute of Physiology of Cherkasy B. Khmelnytskyi National University, Cherkasy, Ukraine;*

*<sup>2</sup>Cherkasy Education and Rehabilitation Centre “Country of Well-Being”  
E-mail: v\_lyzogub@ukr.net*

The patterns and features of functional reorganization of sensory-motor functions of different complexity had to be found and study among children, adolescents and young people with auditory deprivation. 76 children, adolescents and young people with auditory deprivation and 120 peers with normal hearing aged 8–19 were examined. The latent periods of simple visual-motor responses (SVMR), the response of choosing one of three stimuli (RC1-3) and differentiating two of three stimuli (RC2-3) (a circle, a square and a triangle). We consider the value of latent period, which was the least in the three dimensions of each test, to be the individual indicator of sensory-motor reactions. The

methodology of neurodynamic research and computer diagnostic complex “Diagnost-1M” was used to study simple and complex sensory-motor responses.

The patterns and features of forming sensory-motor responses SVMR, RC1-3 and RC2-3 with different complexity were determined among the persons with auditory deprivation and normal hearing at different age periods. The obtained data of sensory-motor responses show that there is a functional reorganization of SVMR, complex visual-motor responses of choosing one (RC1-3) and differentiating two of three (RC2-3) stimuli among the children, adolescents and young people with normal hearing and auditory deprivation. The latent periods of simple and complex visual-motor responses among the deaf children, adolescents, young people and the persons with normal hearing decrease gradually with age; and the speed of response increases achieving maximum value at the age of 18–19. The speed of simple and complex visual-motor responses is lower among the deaf persons in all age groups than among the persons with normal hearing. The age reorganization of sensory-motor functions on complex responses is more intensive than on simple responses among the deaf persons.

In neuro-ontogenesis of functional reorganization of sensory-motor functions with different complexity among the persons with hearing deprivation, there is the development of rearrangements in the sensory systems, neural networks of the brain, neuro-muscular system, cross-modal and genetically determined mechanisms of information processing.

The results are discussed from the standpoint of studying the adaptive-compensatory responses of the organism in conditions of sensory deprivation in order to determine the patterns of sensory-motor function reorganization, to improve and to develop adequate and efficient methodologies, innovations with further application of complex medical, psychological, social and physical rehabilitation of people with special needs.

**Keywords:** ontogenesis, sensory-motor functions, functional reorganization, auditory deprivation.

#### References

1. Makarenko M. V., Lizogub V. S., Bezcopylnyi O. P. *Guidance for the Workshop on Differential Psychophysiology and Physiology of Higher Nervous Activity of a Man*, 102 p. (Cherkasy: “Vertical”, 2014).
2. Makarchuk M. Y., Kutsenko N. V., Kravchenko V. I., Danilov S. A. *Psychophysiology*, 329 p. (K.: OOO “Interservice”, 2011).
3. Simonov P. V. On Strategic Directions of Higher Nervous Activity Study, *Higher Nervous Activity Journal*, **36**, **2**, 285 (1986).
4. Chaichenko G. M. *Physiology of Higher Nervous System*, 218 p. (K.: Lybid, 1993).
5. Glezer V. D. *Visual System and Thinking*, 284 p. (SPb.: Science, 1993).
6. Gougoux F., Zatorre R. J., Lassonde M., Voss P., Lepore F. A Functional Neuroimaging Study of Sound Localization: Visual Cortex Activity Predicts Performance in Early-Blind Individuals, *PLoS Biology*, **3** (2), e 27, 0324 (2005).
7. Jiang J., Zhu W., Shi F., Liu Y., Li J., Qin W., Li K., Yu Ch., Jiang T. Thick Visual Cortex in the Early Blind, *J. Neurosci*, **29** (7), 2205 (2009).
8. Klinge C., Röder B., Büchel Ch. Increased amygdala activation to emotional auditory stimuli in the blind, *Brain*, **133** (Pt 6), 1729 (2010).
9. Ptito M., Schneider F., Paulson O. B., and Kupers R. Alterations of the visual pathways in congenital blindness, *Exp. Brain Res*, **187** (1), 41 (2008).

10. Renier L. A., Anurova I., De Volder A. G., Carlson S., VanMeter J., Rauschecker J. P. Preserved functional specialization for spatial processing in the middle occipital gyrus of the early blind, *Neuron*, **68** (1), 138 (2010).
11. Voss P., Robert J. Zatorre Occipital Cortical Thickness Predicts Performance on Pitch and Musical Tasks in Blind Individuals, *Cerebral Cortex*, **22**, 2455 (2012).
12. Butler B. E., Lomber S. G. Functional and structural changes throughout the auditory system following congenital and early-onset deafness: implications for hearing restoration, *Front. Syst. Neurosci*, **7**, 92 (2013).
13. Hribar M, Suput D, Carvalho AA, Battelino S, Vovk A. Structural alterations of brain grey and white matter in early deaf adults, *Hear Res*, **318**, 1 (2014)/
14. Boiko E. I. *Time of Human Response*, 440 p. (M.: Medicine, 1964).
15. Zaitsev A. V., Lupandin V. I., Surnina O. E. Age Dynamics of Response Time on Visual Stimuli, *Human Physiology*, **25**, **6**, 34. (1999).
16. Makarenko M. V., Lizogub V. S. *Ontogenesis of Psychophysiological Human Functions*, 256 p. (Cherkasy: "Vertical", 2011).
17. Farber D. A., Dubrovinskaia N. V. Functional Organization of Developing Brain (Age Features and Some Patterns, *Human Physiology*, **17**, **5**, 17 (1991).
18. Sologub E. B. *Cortical Regulation of Human Motion*, 183 p. (L.: Medgiz, 1981).
19. Feigenberg I. M. Speed of Motor Reaction and Probabilistic Forecasting, *Human Physiology*, **34**, **5**, 51 (2008).
20. Ivanitskii A. M. *Principles and Mechanisms of Human Brain Activity*, 22 (Leningrad: "Science", 1985).
21. Kogan A. B. *Functional Organization of Brain Neuron Mechanisms*, 224 p. (L.: Medicine, 1979).
22. Krik F., Kokh K. Problem of Consciousness, *In the World of Science*, **11-12**, 113. (1992).
23. Lebedev A. N., Livanova M. N. Constant in the Quantitative Description of Psychological Phenomena, *Psychological journal*, **18**, **6**, 96 (1997).



**УДК 635.9**

## **АНТИМИКРОБНОЕ ДЕЙСТВИЕ НАНОБИОСЕРЕБРА НА СРЕЗАННЫЕ ЦВЕТЫ**

*Омельченко А. В.<sup>1</sup>, Юркова И. Н.<sup>1</sup>, Омельченко С. О.<sup>2</sup>*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
ГБОУ ДПО РК «Крымский республиканский институт постдипломного педагогического образования», Симферополь, Российская Федерация  
E-mail: omelchenko\_tnu@mail.ru*

В работе исследована возможность применения наноконпозиции серебра в матрице альгината натрия для получения протекторных растворов с целью сохранения декоративных качеств срезанных цветов. Антимикробное действие нанобиосеребра наблюдалось во всем интервале исследованных концентраций – от 5,0 до 25,0 мг/л. Полученные результаты коррелировали с данными влияния нанобиосеребра на продолжительность жизни, декоративность, водный баланс и биомассу цветков. Показано, что оптимальные протекторные свойства проявлялись при концентрации нанобиосеребра 5,0-10,0 мг/л.

**Ключевые слова:** наночастицы, серебро, срезанные цветы, антимикробное действие, протекторные свойства.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Сохранение декоративных качеств срезанных цветов является важнейшей задачей цветочной индустрии. Основной причиной увядания срезанных растений является нарушение водного обмена благодаря неконтролируемому развитию микроорганизмов в воде, в результате чего продукты их жизнедеятельности закупоривают сосуды ксилемы [1]. При срезке цветов нарушается функционирование системы цветков – листья – корень. В цветке и цветоносном побеге полностью нарушается подача воды и метаболитов в ткани цветка. После того как запас воды в срезанном цветоносе исчерпывается, наступает обезвоживание тканей, приводящее к гибели цветка. Цветы продолжают испарять воду без соответствующего восполнения потерь извне.

Для устранения этих явлений в протекторные растворы вводят бактерицидные и антиоксидантные вещества пролонгированного действия, подавляющие развитие микрофлоры и препятствующие закупорке сосудов ксилемы. Это позволяет воде и питательным веществам легко достигать цветка и обеспечивать достаточную водонасыщенность тканей [2].

Подобные препараты часто содержат салициловую или борную кислоты, перманганат калия, резорцин и другие вещества биоцидного действия. Однако большинство этих средств являются токсичными, а результаты от их применения не всегда оказываются высокими.

Значительной антимикробной активностью, в том числе к гнилостной микрофлоре, обладают препараты, содержащие серебро. В отличие от ионных форм наночастицы серебра обладают более выраженным бактерицидным действием [3]. При переходе от ионной формы серебра к металлическим нанокластерам снижается токсичность серебра, а антимикробная активность достигается при более низких концентрациях [4].

Как показано ранее, применение наносеребра в концентрации 5,0–10,0 мг/л значительно увеличивало продолжительность жизни срезанных цветов гвоздики и их декоративные качества [5]. Однако исследования влияния наночастиц серебра на гнилостную микрофлору, развивающуюся при сохранении срезанных цветов, не проводились.

В связи с этим целью нашей работы было изучение антимикробного действия нанобиосеребра на гнилостную микрофлору срезанных цветов.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом для проведения исследований служили срезанные генеративные побеги гвоздики, хризантемы и астры и разработанная ранее водорастворимая бактерицидная композиция наночастиц серебра в матрице альгината натрия [6]. Срезанные побеги помещали в сосуды (500 мл) с протекторными растворами, содержащими нанобиосеребро с концентрацией 5,0; 10,0 и 25,0 мг/л. Контролем служил вариант без нанобиосеребра (дистиллированная вода). Опыты проводили в лабораторных условиях при температуре воздуха 20–22 °С. Продолжительность эксперимента составляла 10 дней.

Антибактериальное действие нанобиосеребра на гнилостную микрофлору срезанных цветов исследовали органолептическим и микробиологическим методами. Органолептически определяли характер и интенсивность запаха по 5-балльной шкале [7]. Мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (МАФАМ) в исследуемом растворе определяли согласно ГОСТ 18963–73. Для этого 1 см<sup>3</sup> раствора или его десятикратного разведения параллельно вносили в две чашки Петри. Затем в чашки Петри приливали 10–12 см<sup>3</sup> агаризованной питательной среды. Инокулят перемешивали со средой и оставляли для застывания. Чашки Петри помещали в термостат для инкубации при температуре 37 °С на 24 ч. Через 24 часа подсчитывали выросшие колонии на поверхности и в глубине агара. За окончательный результат принимали среднеарифметическое значение измерений на двух параллельных чашках или разных разведений [8].

Статистическую обработку полученных результатов проводили по Г. Ф. Лакину [9].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты органолептических исследований показали, что в протекторных растворах, содержащих нанобиосеребро в концентрации 5,0–25,0 мг/л, после 10-дневной экспозиции срезанных побегов гвоздики наблюдалось полное отсутствие запаха. Для побегов хризантемы и астры интенсивность запаха при концентрации

нанобиосеребра 5,0 мг/л была очень слабая или слабая и по 5-бальной шкале соответствовала 1 и 2 баллам соответственно. В контрольном варианте интенсивность запаха была отчетливая или очень сильная и составляла 4–5 баллов в зависимости от вида культуры (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Влияние нанобиосеребра на органолептические показатели воды после 10-дневной экспозиции побегов срезанных цветов**

Вариант опыта	Органолептические показатели	
	Интенсивность запаха	Оценка интенсивности запаха, балл
<i>Гвоздики</i>		
контроль	Отчетливая	4
5,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	Нет	0
10,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	Нет	0
25,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	Нет	0
<i>Хризантемы</i>		
контроль	Очень сильная	5
5,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	Очень слабая	1
10,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	Нет	0
25,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	Нет	0
<i>Астры</i>		
контроль	Очень сильная	5
5,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	Слабая	2
10,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	Нет	0
25,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	Нет	0

Исследование влияния различных концентраций нанобиосеребра на гнилостную микрофлору, развивающуюся в протекторных растворах, было проведено на побегах гвоздики. Установлено, что максимальное развитие мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов наблюдалось только в контрольном варианте и составляло  $4,1 \cdot 10^5$ , тогда как во всем интервале концентраций нанобиосеребра отмечено подавление роста МАФМ (табл. 2, рис. 1).

Таблица 2  
Влияние нанобиосеребра на микрофлору воды после 10-дневной экспозиции побегов гвоздики

Вариант опыта	МАФАМ, КОЕ/см <sup>3</sup>
контроль	410000 (4,1*10 <sup>5</sup> )
5,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	4
10,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	не выявлено
25,0 мг/л Ag <sup>0</sup>	не выявлено

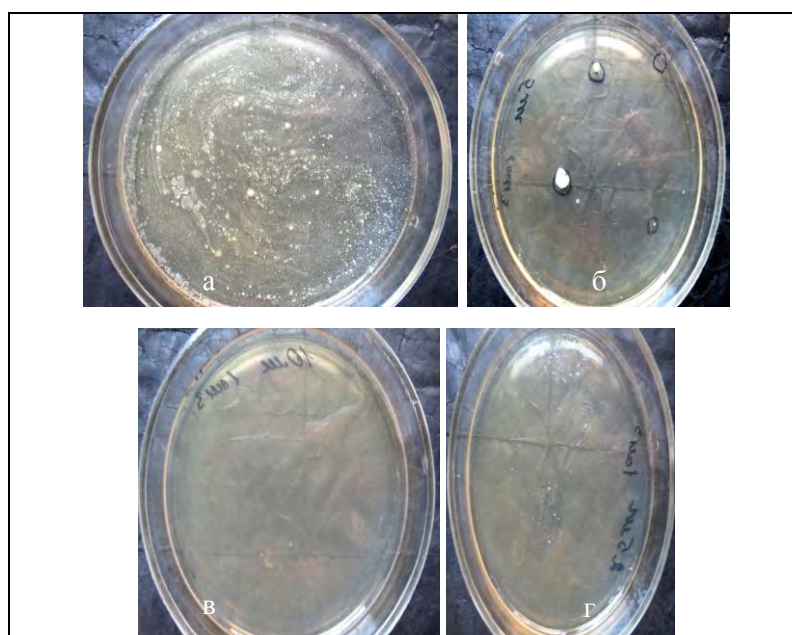


Рис. 1. Степень заражения воды и протекторных растворов, содержащих нанобиосеребро, микроорганизмами после 10-дневной экспозиции побегов гвоздики: а) контроль (дистиллированная вода); б) 5,0 мг/л Ag<sup>0</sup>; в) 10,0 мг/л Ag<sup>0</sup>; г) 25,0 мг/л Ag<sup>0</sup>.

Биоцидное действие наночастиц серебра, полученных различными методами, отмечалось многочисленными авторами на различных культурах микроорганизмов, в том числе и фитопатогенных [10–12]. Наиболее распространенная гипотеза механизма действия наночастиц серебра на микробную клетку связана с сорбцией ионов серебра, генерируемых наночастицей, клеточной оболочкой и образованием комплексов с основным ее компонентом – пептидогликанами. В результате этого

пептидогликаны теряют способность к транспорту кислорода внутри клетки с последующей ее гибелью [5].

Одним из главных факторов продолжительности жизни срезанных цветов является водный баланс в растениях, который напрямую связан с закупоркой проводящих сосудов стебля в результате деятельности микроорганизмов [13].

Протекторные растворы, содержащие нанобиосеребро, обеспечивают целостность транспортирующих потоков ксилемы. В результате этого происходит беспрепятственное поступление воды и метаболитов в ткани цветка. Это подтверждается увеличением поглощения воды цветками гвоздики на 20,7–41,5 % по сравнению с контролем. Изменение поглощения воды под влиянием нанобиосеребра сопровождалось увеличением сырой массы цветка в среднем на 30 %, что значительно определяет насыщенность водой и тургор лепестков. При этом сухая биомасса цветков изменялась незначительно – на 5,3–6,5 %, что свидетельствует об увеличении водонасыщенности цветка и, как следствие, сохранении декоративных качеств и продолжительности жизни. Увеличение сырой биомассы цветков во всех вариантах опыта коррелировало с поглощением воды побегами и содержанием воды в цветке. Однако при концентрации нанобиосеребра 25,0 мг/л декоративность, продолжительность жизни, поглощение и содержание воды в цветке незначительно снижались по сравнению с концентрацией 10,0 мг/л [5].

Увеличение продолжительности жизни и сохранение декоративных качеств срезанных цветов также наблюдалось на цветах астры и хризантемы. На рисунке 2 показан внешний вид срезанных побегов хризантемы после экспозиции в протекторных растворах с нанобиосеребром.



Рис. 2. Внешний вид срезанных побегов хризантемы в дистиллированной воде (а) и растворах нанобиосеребра: б – 5,0 мг/л, в – 10,0 мг/л, г – 25,0 мг/л на 10-е сутки.

Сравнение результатов антимикробного действия нанобиосеребра на срезанные цветы с ранее полученными данными его влияния на продолжительность жизни,

декоративность, водный баланс и биомассу цветков позволяет сделать вывод о том, что одним из основных факторов влияния наносеребра на сохранение декоративных качеств срезанных цветов являются его биоцидные свойства.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, наноконпозиция серебра в матрице альгината натрия может быть рекомендована для получения протекторных растворов при сохранении срезанных цветов как антимикробное средство.

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

### Список литературы

1. Van Doorn W. G. Water relations of cut flowers / W. G. Van Doorn // Hort Rev. – 1997. – V. 18. – P. 1–85.
2. Кондратьева В. В. Сохранение декоративных качеств срезанных роз в вазе / В. В. Кондратьева, М. В. Семенова, А. В. Дружинин // Гавриш. – 2011. – №2. – С. 40–43.
3. Баранова Е. К. Сравнение действия ионов и наночастиц серебра на клетки дрожжей и кишечной палочки (*E. coli*) / Е. К. Баранова, А. А. Ревина, Л. И. Войно [и др.] // Наночастицы в природе. Нанотехнологии их создания в приложении к биологическим системам: материалы 1-го Российского научно-методологического семинара (4 июня 2003 года). – Москва, 2003. – С. 53–60.
4. Нежинская Г. И. Иммуотропные свойства высокодисперсного металлического серебра / Г. И. Нежинская Г. И., В. В. Копейкин, В. Е. Гмиро // Серебро в медицине, биологии и технике. – Новосибирск, 1995. – 184 с.
5. Юркова И. Н. Влияние нанобиосеребра на декоративные качества срезанных цветов гвоздики / И. Н. Юркова, А. В. Омельченко // Молодой ученый. – 2015. – № 22 (102). – С. 59–63.
6. Патент UA № 10539 Способ получения водорастворимой бактерицидной композиции, содержащей наночастицы серебра / Юркова И. Н., Эстрела-Льопис В. Р., Рябушко В. И., Рябушко Л. И.; заявитель и патентообладатель Таврический национальный университет; – № u2001128682; заявл. 13.05.05; опубл. 15.11.05. Бюл. № 11.
7. ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности. – Введ. 1975-01-07. – Москва: Государственный стандарт Союза ССР, 1990. – 17 с.
8. ГОСТ 18963-73. Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа. – Введ. 1974-01-07. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 17 с.
9. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
10. Пархоменко Н. А. Антибактериальное и противогрибковое действие водорастворимой нанобиоконпозиции на основе серебра и морских биополимеров / Н. А. Пархоменко, И. Н. Юркова, В. М. Рябушко // Ученые записки Таврического национального университета В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2008. – Т. 21(60), № 2. – С. 106–112.
11. Омельченко А. В. Влияние обработки семян нанобиосеребром на фитопатогены и ростовые процессы проростков озимой пшеницы / А. В. Омельченко, И. Н. Юркова, М. Н. Жижина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2015. – № 3. – С. 74–77.
12. Егорова Е. М. Бактерицидные и каталитические свойства стабильных металлических наночастиц в обратных мицеллах / Е. М. Егорова, А. А. Ревина, Т. Н. Ростовщикова [и др.] // Вестник МГУ. Сер. 2. Химия. – 2001. – Т. 42. – С. 332–337.
13. Zagory D. Role of Vase Solution Microorganisms in the Life of Cut Flowers / D. Zagory, M. S. Reid // J. Amer. Soc. Hort. Sci. – 1986. – Vol. 111. – P. 154–158.

## ANTIMICROBIAL ACTION OF NANOBIOSILVER FOR CUT FLOWERS

*Omelchenko A. V.<sup>1</sup>, Jurkova I. N.<sup>1</sup>, Omelchenko S. O.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Crimean Republican Institute of Post-diploma Pedagogical Education, Simferopol, Russian Federation*

*E-mail: 5612178@ukr.net*

Storage of decorative qualities of cut flowers is the most important task of the flower industry. The main cause of wilting of cut plants is a violation of the water exchange through the uncontrolled development of microorganisms in the water. As a result, their metabolic products clog the xylem vessels.

The aim of this study was to investigate the antimicrobial action of nanobiosilver on putrid microflora of cut flowers.

The object for research was cut generative shoots of carnations, chrysanthemums and asters and water-soluble bactericidal composition of silver nanoparticles in a matrix of sodium alginate. The cut shoots were placed in vessels filled with protective solutions containing nanobiosilver in a concentration of 5.0, 10.0 and 25.0 mg/L. As a control we used distilled water. Duration of experiment was 10 days. Antibacterial action of nanobiosilver on putrid microflora of cut flowers was investigated using the organoleptic and microbiological methods. The organoleptic method determined the nature and intensity of the odor based on 5-point scale according to GOST 3351-74. Number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms was determined by the number of colony forming units in 1 cm<sup>3</sup> of test solution (GOST 18963-73).

The results of organoleptic studies showed that 10 days after exposure of shoots of cut carnations, asters and chrysanthemums to protective solutions of nanobiosilver in a concentration of 5.0 mg/L there was a complete absence or weak intensity of odor compared to the control. By increasing the concentration of nanobiosilver odor completely disappeared. Also we noticed the suppression of growth of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms in all tread solutions containing nanobiosilver. Their development was only observed in the control variant and was  $4.1 \cdot 10^5$ . A comparison of the results of antimicrobial action of nanobiosilver on cut flowers with the earlier data on its impact on life expectancy, decorative properties, water balance and biomass of flowers was made. It was concluded that one of the main factors influencing the preservation of decorative qualities of cut flowers is antimicrobial action of nanobiosilver.

It was shown that silver nanobiocomposition in a matrix of sodium alginate can be recommended for protective solutions maintaining cut flowers as an antimicrobial agent.

**Keywords:** nanobiosilver, cut flowers, antimicrobial action, protective properties.

#### References

1. Van Doorn W. G. Water relations of cut flowers, *Hort Rev.* **18**, 1 (1997).
2. Kondrat'eva V. V., Semenova M. V., Druzhinin A. V. Sokhranenie dekorativnykh kachestv srezannykh roz v vase, *Gavrish.* **2**, 40 (2011).

3. Baranova E. K., Revina A. A., Voyno L. I. Sravnenie deystviya ionov i nanochastits serebra na kletki drozhzhey i kishechnoy palochki (*E. coli*), *Materialy 1-go Rossiyskogo nauchno-metodologicheskogo seminara "Nanochastitsy v prirode. Nanotekhnologii ikh sozdaniya v prilozhenii k biologicheskim sistemam"*, 53 (Moskva, 2003).
4. Nezhinskaya G. I., Kopeykin V. V., Gmiro V. E. Immunotropnye svoystva vysokodispersnogo metallicheskog serebra, *Srebro v meditsine, biologii i tekhnike* (Novosibirsk, 1995).
5. Yurkova I. N., Omel'chenko A. V. Vliyanie nanobioserebra na dekorativnye kachestva srezannykh tsvetov gvozdiki, *Molodoy uchenyy*. **22** (102), 59 (2015).
6. Patent UA № 10539 Sposob polucheniya vodorastvorimoy bakteritsidnoy kompozitsii, soderzhashchey nanochastitsy serebra / Yurkova I. N., Estrela-L'opis V. R., Ryabushko V. I., Ryabushko L. I.; zayavitel' i patentoobladatel' Tavricheskiiy natsional'nyy universitet; – № u2001128682; zayavl. 13.05.05; opubl. 15.11.05. Byul. № 11.
7. GOST 3351-74. Voda pit'evaya. Metody opredeleniya vkusa, zapakha, tsvetnosti i mutnosti. Vved. 1975-01-07 (Moskva: Gosudarstvennyy standart Soyuz SSR, 1990).
8. GOST 18963-73. Voda pit'evaya. Metody sanitarno-bakteriologicheskogo analiza. Vved. 1974-01-07 (Moskva: Standartinform, 2008).
9. Lakin G. F. *Biometriya*, 352 p. (M.: Vysshaya shkola, 1990).
10. Parkhomenko N. A., Yurkova I. N., Ryabushko V. M. Antibakterial'noe i protivogribkovoe deystvie vodorastvorimoy nanobiokompozitsii na osnove serebra i morskikh biopolimerov, *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta V.I. Vernadskogo. Ser. «Biologiya, khimiya»*. **21(60)**, **2**, 106 (2008).
11. Omel'chenko A. V., Yurkova I. N., Zhizhina M. N. Vliyanie obrabotki semyan nanobioserebrom na fitopatogeny i rostovye protsessy prorostkov ozimoy pshenitsy, *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*. **3**, 74 (2015).
12. Egorova E. M., Revina A. A., Rostovshchikova T. N. Bakteritsidnye i kataliticheskie svoystva stabil'nykh metallicheskih nanochastits v obratnykh mitsellakh, *Vestnik MGU. Ser. 2. Khimiya*. **42**, 332 (2001).
13. Zagory D., Reid M. S. Role of Vase Solution Microorganisms in the Life of Cut Flowers, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **111**, 154 (1986).



**УДК 612.014.42:591.112.1:594.1**

**ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННОГО МЕЛАТОНИНА НА РАЗВИТИЕ  
ВНУТРИ - И МЕЖВИДОВОЙ АГРЕССИВНОСТИ КРЫС ПРИ УМЕРЕННОМ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ЭКРАНИРОВАНИИ**

*Темурьянц Н. А., Туманянц К. Н., Чуян Е. Н., Хусаинов Д. Р., Черетаев И. В.,  
Чайка А. В., Ярмолюк Н. С.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный  
университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: timur328@gmail.com*

Установлено, что введение экзогенного МТ крысам, находящимся в условиях умеренного электромагнитного экранирования, влияет на развитие внутри- и межвидовой агрессивности. Экзогенный МТ при ежедневном введении в дозах 1 мг/кг или 5 мг/кг устраняет повышение межвидовой агрессивности при умеренном ЭМЭ. Влияние экзогенного МТ на развитие внутривидовой агрессивности зависит от вводимой дозы: при введении 1 мг/кг ежедневно изменений внутривидовой агрессивности при ЭМЭ не наблюдается. Увеличение дозы до 5 мг/кг нивелирует возрастание внутривидовой агрессивности.

**Ключевые слова:** электромагнитное экранирование, внутривидовая агрессивность, межвидовая агрессивность, крысы, мелатонин, дозы.

**ВВЕДЕНИЕ**

Во взаимодействии организма с внешней средой важное значение имеет мелатонин (МТ), который является одним из наиболее древних гуморальных регуляторов, обнаруженных практически у всех организмов, населяющих планету [1]. Благодаря совместным усилиям специалистов в самых разных областях знаний в настоящее время стали известны процессы синтеза гормона, определен необычно широкий диапазон его биологической активности, ключевая роль в регуляции различных физиологических процессов [2–10]. Эти данные позволили в экспериментальных и отчасти в клинических условиях обосновать его применение в терапевтических целях для лечения широкого круга заболеваний [11–14]. Важное значение имеют также данные о том, что в начале 80-х годов обнаружено его участие в механизмах действия электромагнитных факторов [15, 16]. С этого времени результаты изучения секреции МТ при электромагнитных воздействиях анализировались в эпидемиологических исследованиях, а также в экспериментах, проводимых как *in vitro*, так и *in vivo* [17, 18].

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что наблюдаемые эффекты при терапевтическом применении МТ, а также в магнитобиологических исследованиях существенно зависят от его дозы, которая может колебаться в

значительных пределах. Так, известны случаи длительного применения МТ у людей при ежедневной дозе 100–150 мг. В тоже время отчетливые клинические результаты удается получить при повторных приемах препарата в достаточно низких концентрациях (3–5 мг перед сном). Однако зависимость ожидаемого от введения МТ эффекта от его дозы при отдельных симптомах исследована не достаточно. Дело осложняется тем, что для МТ характерна не типичная зависимость доза-эффект, а так называемая U-образная кривая ответа, когда с увеличением дозы эффект не нарастает, а, напротив, уменьшается и может даже принимать отрицательные значения. Таким образом, зависимость эффекта МТ от дозы при коррекции различных состояний имеет важное практическое значение и требует дальнейшего изучения.

Исследование столь сложных процессов может проводиться как в клинических испытаниях, так и в экспериментальных исследованиях. Однако экспериментальные исследования на животных очевидно, предпочтительнее, так как позволяют не только использовать большое количество животных со сходными конституциональными особенностями, одинаково реагирующих на действие различных факторов, соблюдать принцип прочих равных условий, но и изучать изменения конкретного физиологического процесса, контролируемого МТ, смоделированного с помощью современных модифицирующих технологий, что значительно увеличивает достоверность получаемых результатов.

Известно, что МТ участвует в регуляции поведенческих реакций, в частности депрессивного, полового, агрессивного и т. д. поведения [19–21]. Эти состояния успешно моделируются воздействием электромагнитных факторов, и, в частности, ослабленным геомагнитным полем (ГМП). Ранее нами было показано, что в условиях ослабленного электромагнитным экранированием (ЭМЭ) ГМП развивается депрессивноподобное поведение [22], снижается половая мотивация [22], возрастает агрессивность [23]. Возрастание агрессивности крыс в условиях ослабленного ГМП описано и в других исследованиях. Так, Т. А. Замощина и др. [24], М. Ю. Ходанович и др. [25] сообщили о возрастании внутривидовой агрессивности крыс в условиях ослабления ГМП кольцами Гельмгольца, а Д. В. Девицин и др. [26] обнаружили рост межвидовой агрессивности крыс в многослойной пермаллоевой камере. Известно, что такие нарушения поведения успешно купируются экзогенным МТ. В частности, способность МТ снижать агрессивность обнаружена во многих исследованиях [11, 21].

В настоящее время механизмы развития как внутри- так и межвидовой агрессивности изучены недостаточно. Определенный вклад в изучение как различий, так и сходства этих механизмов может внести изучение зависимости развивающихся процессов от дозы их гуморальных рецепторов. В связи с изложенным целью настоящего исследования явилось изучение влияния 2-х доз МТ (1 и 5 мг/кг), широко применяемых в экспериментальной практике, на развитие этих двух видов агрессивного поведения у крыс.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на белых беспородных крысах-самцах массой  $190 \pm 10$  г. с соблюдением принципов биоэтики в соответствии с международными правилами Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или других научных целей [27].

Для этого отбирали крыс одинакового возраста, характеризующихся средней двигательной активностью (вертикальная двигательная активность 5–7 усл.ед. – число подъемов на задние лапы; горизонтальная двигательная активность 24–28 усл.ед. – число пересечений квадратов) и низкой эмоциональностью (0–1 усл.ед. – число болюсов и уринаций) в тесте открытого поля. Такой отбор позволил относительно быстро выделить крыс с одинаковыми конституциональными особенностями [28], одинаково реагирующих на действие различных раздражителей.

Отобранных крыс делили на две группы: контрольные животные и крысы, подвергавшиеся ЭМЭ. Крысы обеих выделенных групп были разделены на три равноценные подгруппы по 10 животных в каждой, которых помещали в ящики размером – 790x450x390 мм из непрозрачного пластика с вентиляционными отверстиями в крышке и стенках. Обеспечивался свободный доступ животных к стандартному для грызунов корму и воде. Три контейнера с животными экспериментальной группы помещались в экранирующую камеру ежедневно с 15.00 до 10.00 ч. следующего дня, т.е. они находились в условиях ЭМЭ 19 часов в сутки в течение 10 дней. Ящики с животными контрольной группы находились за пределами камеры в той же комнате. Ежедневно с 10<sup>00</sup>–15<sup>00</sup> ч. всех животных извлекали из ящиков для тестирования и уборки клеток, введения растворов.

Животные в выделенных подгруппах подвергались следующим воздействиям. Крысы первых подгрупп (контрольной и подвергавшиеся действию ЭМЭ) оставались интактными, животным второй и третьей подгрупп вводили МТ внутрибрюшинно ежедневно в дозе 1 (МТ1) или 5 (МТ2) мг/кг в 0.2 мл физиологического раствора соответственно перед их помещением в условия ЭМЭ. Проводился также контрольный эксперимент, в котором крысам вводился только эквивалентный объем физиологического раствора. Эксперименты проводились трехкратно, в каждом из них было исследовано 30 крыс в контрольной и по 30 крыс в каждой экспериментальной группе.

Ослабление фонового электромагнитного поля (ЭМП) достигалось применением экранирующей камеры размером 2x3x2 м, изготовленной из двухслойного железа «Динамо». Ее конструкция и экранирующие свойства описаны ранее [29].

Освещенность внутри и вне камеры, а также внутри ящиков и террариумов измерялась с помощью люксметра ТКЛ-ПКМ (модель 63). Внутри них освещенность колебалась от 0,1 до 0,2 лк, внутри экранирующей камеры и в лаборатории, где содержались животные контрольной группы, была такого же уровня, а в лаборатории, в которой проводили тестирование, колебалась от 480 до 500 лк.

Для изучения внутривидовой агрессивности, вызванной фрустрацией, был использован тест «вызванная агрессия» для 2-х особей [30]. Для этого крыс помещали в камеру с решетчатым полом из медной проволоки, на которую подавали ток от электростимулятора ЭСЛ-2, генерирующего прямоугольные одинарные импульсы длительностью 10 мс с частотой 40 Гц. Напряжение подаваемого тока плавно увеличивали до появления у животных признаков агрессивного поведения (нападение одной особи на другую, агрессивные стойки). Минимальное значение напряжения, при котором появлялись признаки агрессии, принимались за ее порог.

Межвидовая агрессивность крыс определялась в тесте «реакция на мышь». Для этого в течение 3-х минут определяли контакты каждой крысы с интактной мышью.

Реакцию крысы на мышь оценивали по следующей 5-бальной шкале: 0 баллов – нет реакции; 1 балл – крыса обнюхивает мышь; 2 балла – крыса вылизывает и активно обнюхивает мышь; 3 балла – крыса носит мышь в зубах, покусывает ее или активно преследует; 4 балла – крыса преследует мышь и убивает с латентным периодом более 10 с; 5 баллов – крыса бросается на мышь и убивает ее с латентным периодом менее 10 с.

Во всех случаях соблюдали следующую последовательность проведения тестов: сначала исследовалась реакция на мышь, затем тест вызванной агрессии, после чего крыс возвращали в клетку.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета специализированных программ «MedStat». Вычисляли среднее значение каждого из исследованных поведенческих показателей и ошибку средней ( $M \pm S.E.$ ). Для оценки значимости различий исследуемых показателей применялся однофакторный дисперсионный анализ. Сравнение средних величин различных показателей проводили по t-критерию Стьюдента, целесообразность применения которого была показана проверкой полученных данных на закон нормального распределения. Различия между группами, а также исходными данными каждой группы и значениями исследуемых показателей в каждый последующий день эксперимента считали значимыми при  $p < 0.05$ .

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Как показали проведенные исследования, у животных, находившихся в условиях ЭМЭ, значительно увеличивается внутривидовая и межвидовая агрессивность. Если у крыс контрольной группы на протяжении всего 10-ти суточного эксперимента порог внутривидовой агрессивности изменялся в очень небольших пределах (от 54 до 62 В), то пребывание животных в экранирующей камере на 3 суток приводило к резкому снижению этого показателя до 34 В, т.е. на 40 % относительно данных контрольной группы животных. В последующие сроки эксперимента порог агрессивности несколько возрастал и достигал на 7 сутки 54 В, в дальнейшем вновь снижался, достигая на 10 сутки 68 % относительно контрольной группы.

Таким образом, в условиях ЭМЭ внутривидовая агрессивность существенно возрастала, причем минимальное значение порога зафиксировано на 3 сутки, а повторное снижение имело место на 10 сутки эксперимента (рис. 1).

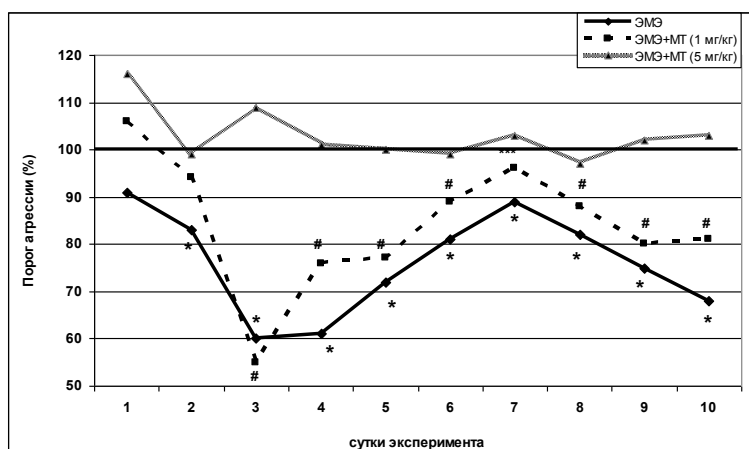


Рис.1 Динамика внутривидовой агрессии при электромагнитном экранировании (ЭМЭ) и введении мелатонина в дозе 1 мг/кг (Мелатонин (1 мг/кг) +ЭМЭ) и в дозе 5 мг/кг (Мелатонин (5 мг/кг) +ЭМЭ).

*Примечания:* за 100 % приняты значения контрольной группы; \* –  $p < 0.05$  между контролем и группой ЭМЭ; # –  $p < 0.05$  при введении мелатонина (1 мг/кг) на фоне ЭМЭ относительно контрольной группы; между экспериментальными группами ЭМЭ и Мелатонин (1 мг/кг)+ЭМЭ достоверных отличий не обнаружено.

Как показали проведенные исследования, экзогенный МТ блокирует возрастание внутривидовой агрессивности при ЭМЭ, и этот эффект зависит от дозы вводимого препарата. Внутривидовое введение животным МТ в дозе 1 мг/кг изменений порога внутривидовой агрессии ни в один день эксперимента не вызывало (рис. 1). При увеличении ежедневной дозы вводимого МТ до 5 мг/кг влияние ЭМЭ на внутривидовую агрессивность крыс с 1 по 10 сутки полностью аннулировалось (рис. 1). В этом случае порог агрессивности уже на 2 сутки эксперимента не отличался от данных, полученных у животных контрольной группы. Таким образом, антиагрессивное действие МТ выражено по-разному при введении различных его доз.

Результаты проведенного исследования показали, что ЭМЭ приводит к возрастанию и межвидовой агрессивности (рис. 2). Так, крысы контрольной группы на протяжении всего 10-тидневного эксперимента демонстрировали либо полное отсутствие реакции на мышь (0 баллов), либо обнюхивание животного (1 балл). Пребывание животных в экранирующей камере приводило к возрастанию реакции на мышь. Уже на 2 сутки пребывания животных в условиях ЭМЭ агрессивность увеличивалась, а на 4 сутки экранирование приводило к ее возрастанию до  $1,70 \pm 0,16$  балла. На 5-6 сутки наблюдения этот показатель несколько снижился ( $1,33$

и 0,99 баллов соответственно), а на 7-10 сутки снова постепенно возрастал, достигая максимума на 10 день (рис. 2).

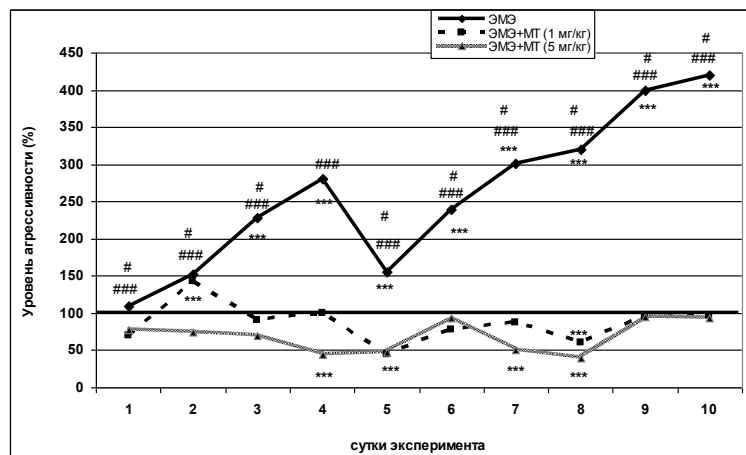


Рис. 2. Динамика межвидовой агрессии при электромагнитном экранировании (ЭМЭ) и введении мелатонина в дозе 1 мг/кг (Мелатонин (1 мг/кг) +ЭМЭ) и в дозе 5 мг/кг (Мелатонин (5 мг/кг) +ЭМЭ).

*Примечания:* за 100 % приняты значения контрольной группы; \* –  $p < 0.05$  между контролем и группой ЭМЭ; # –  $p < 0.05$  при введении мелатонина (1 мг/кг) на фоне ЭМЭ относительно контрольной группы; между экспериментальными группами ЭМЭ и Мелатонин (1 мг/кг)+ЭМЭ достоверных отличий не обнаружено.

Таким образом, возрастание межвидовой агрессии у крыс – самцов в условиях ЭМЭ выражено гораздо больше, чем внутривидовой.

Однако введение МТ и в дозе 1 мг/кг, и 5 мг/кг полностью нивелировало этот эффект. Данные, полученные у животных 2 и 3 экспериментальных групп во все дни эксперимента практически не отличались от показателей агрессивности животных контрольной группы. Отмечалась тенденция к большей выраженности эффекта при дозе 5 мг/кг (рис. 2).

Таким образом, в проведенных исследованиях обнаружено, что экзогенный МТ препятствует возрастанию внутри- и межвидовой агрессивности при электромагнитном экранировании. Зависимость этого эффекта от дозы вводимого МТ выявлено лишь для внутривидовой агрессивности. Ежедневное введение МТ в дозе 1 мг/кг оказывается недостаточной для купирования возрастания этого вида агрессивности.

Результаты проведенных исследований могут косвенно свидетельствовать о некоторых различиях в механизмах развития внутри- и межвидовой агрессивности при ЭМЭ. В настоящее время обосновано предположение о тесной взаимосвязи между агрессивным поведением и активностью опиоидной системы [31], и важной роли этой системы в реакциях организма на действие электромагнитных факторов [32]. Получены экспериментальные доказательства участия опиоидной системы и в

реакциях организма на ослабленное ГМП. Так, М. Ю. Ходанович и др. [24] обнаружили снижение числа опиоидэргических клеток в структурах таламуса, сером околопроводном веществе крыс, а также уменьшение числа экспрессирующих опиоидэргических нейронов при воздействии гипомагнитной среды (кольца Гельмгольца).

К сожалению, такие измерения были определены только в один день (5 сутки) эксперимента.

Многодневные исследования активности опиоидной системы проведены нами ранее в условиях ЭМЭ на моллюсках, мышах, крысах [29, 33, 34].

Были установлены фазные изменения активности этой системы, определяемые по влиянию налоксона на параметры реакции избегания термического стимула: I фаза – торможение ее инактивации, в силу чего прогрессирует гипералгезия, далее II фаза – возрастание активности, результатом чего является полное нивелирование антиноцицептивного эффекта электромагнитных факторов налоксоном, III фаза – прогрессирующее уменьшение активности опиоидной системы, когда налоксон только редуцирует антиноцицептивный эффект. Было установлено также, что наименее продолжительны выделенные фазы у мышей (почти в 2 раза).

Такие фазные изменения активности опиоидной системы могут быть обусловлены соответствующими перестройками секреции мелатонина, которая меняется под влиянием электромагнитных факторов. При начальном их угнетении секреции МТ снижается чувствительность опиоидных рецепторов, уменьшается продукция  $\beta$ -эндорфина. Во II фазе, по-видимому, продукция МТ усиливается, активируются М1 и М2 рецепторы, а также опиоидная система, что и обуславливает развитие антиноцицептивного эффекта, снижение агрессивности. Дальнейшие исследования позволят выявить участие и других нейрохимических систем в изменении поведения животных в условиях ЭМЭ.

Таким образом активность опиоидной системы при ЭМЭ меняется во времени и, следовательно, ее модуляция МТ в различные промежутки воздействия будет различна. Возможно, именно с этим связаны неодинаковые изменения различных видов агрессивного поведения крыс при введении различных доз МТ. Дальнейшие исследования должны способствовать решению этих вопросов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Введение экзогенного МТ крысам, находящимся в условиях умеренного электромагнитного экранирования, влияет на развитие внутри- и межвидовой агрессивности;
2. Экзогенный МТ при ежедневном введении 1 мг/кг или 5 мг/кг устраняет повышение межвидовой агрессивности при умеренном ЭМЭ;
3. Влияние экзогенного МТ на развитие внутривидовой агрессивности зависит от вводимой дозы: при введении 1 мг/кг ежедневно изменений внутривидовой агрессивности при ЭМЭ не наблюдается. Экзогенный МТ в дозе 5 мг/кг нивелирует возрастание внутривидовой агрессивности у крыс при их умеренном ЭМЭ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-04-06054 (проект «Феноменология и механизмы действия слабых электромагнитных факторов: ослабленного электромагнитного поля Земли и низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты»).*

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

#### Список литературы

1. Fundamental issues related to the origin of melatonin and melatonin isomers during evolution: relation to their biological functions / D.-X. Tan, X. Zheng, J. Kong, C. Lucien // *Int. J. Mol. Sci.* – 2014. — V.15, is.9. – P.15858–15890.
2. Reiter R. J. Pineal melatonin: cell biology of its synthesis and of its physiological interactions / R. J. Reiter // *Endocrine Rev.* – 1991. – V. 12. – P. 151–180.
3. Reiter R. J. Electromagnetic fields and melatonin production / R. J. Reiter // *Biomed. Pharmacother.* – 1993. – Vol. 47, Is.10. – P. 439–444.
4. Reiter R. J. Static and extremely low frequency electromagnetic field exposure: reported effects on the circadian production of melatonin / R. J. Reiter // *J Cell Biochem.* – 1993. – Vol. 51, Is. 4. – P. 394–403.
5. Reiter R. J. The melatonin rhythm: both a clock and a calendar / R. J. Reiter // *Experientia.* – 1993. – Vol. 49, Is. 8. – P. 654–664.
6. Арушанян Э. Б. Уникальный мелатонин / Э. Б. Арушанян. – Ставрополь; 2006. – 400 с.
7. Рапопорт С. И. Мелатонин: теория и практика / С. И. Рапопорт, В. А. Голиченков. – М.: Медпрактика. 2009. – 100 с.
8. Melatonin: an ancient molecule that makes oxygen metabolically tolerable / L. C. Manchester, A. Coto-Montes, J. A. Boga et. al. // *J. Pineal Res.* – 2015. – V. 59, N 4. – P. 403–419.
9. Melatonin – a pleiotropic, orchestrating regular molecule / R. Hardeland, D. P. Cardinali, V. Srinivasan et al. // *Progr. Neurobiol.* – 2011. – V. 93. – P. 350–384.
10. Анисимов В. Н. Мелатонин: роль в организме, применение в клинике. – СПб.: Система; 2007. – 40 с.
11. Malhotra S. The therapeutic potential of melatonin: a review of the science / S. Malhotra, G. Sawhney, P. Pandhi // *MedGenMed.* – 2004. – V.6, is.2. – P. 46.
12. Kostoglou-Athanassiou I. Therapeutic applications of melatonin / I. Kostoglou-Athanassiou // *Ther Adv Endocrinol Metab.* – 2013. – V. 4(1). – P. 13–24.
13. Арушанян Э. Б. Универсальные терапевтические возможности мелатонина / Э. Б. Арушанян // *Клиническая медицина.* – 2013. – Т. 91, № 2. – С. 4–8.
14. Siah K. T. Melatonin for the treatment of irritable bowel syndrome / Siah K. T., Wong R. K., Ho K. Y. // *World J Gastroenterol.* – 2014 –V. 20(10). – P. 2492–2498.
15. Semm P. Effects of Earth-strength magnetic field on electrical activity of pineal cells / P. Semm, T. Schneider, L. Vollrath // *Nature.* – 1980. – V.288. – P. 607–608.
16. Chronic exposure to 60 Hz electric fields: effects on pineal function in the rat / B. W. Wilson, L. E. Anderson, D. I. Hilton, R. D. Phillips // *Bioelectromagnetics.* – 1981. – V.2, is.4. – P.371–380.
17. Touitou Y. The effects of extremely low-frequency magnetic fields on melatonin and cortisol, two marker rhythms of the circadian system / Y. Touitou, B. Selmaoui // *Dialogues in Clinical Neuroscience.* – 2012. – V.14, is.4. – P. 381–399.
18. Influence of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields on the Circadian System: Current Stage of Knowledge / B. Lewczuk, G. Redlarski, A. Żak et. al. // *BioMed Research International.* – 2014. – V. 2014. – P. 13.
19. Арушанян Э. Б. Эпифиз и депрессия / Э. Б. Арушанян // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* – 1991. – Т. 91, № 6. – С. 108–112.



20. Melatonin in psychiatric disorders: a review on the Melatonin involvement in psychiatry / C. Pacchierotti, S. Iapichino, L. Bossini et. al. // *Front Neuroendocrinol.* – 2001. – V. 22. – P. 18–32.
21. Munro S. A review of health behaviour theories: how useful are these for developing interventions to promote long-term medication adherence for TB and HIV/AIDS? / S. Munro, S. Lewin, T. Swart, J. Volmink // *BMC Public Health.* – 2007. – V. 7. – P. 104.
22. Темурьянц Н. А. Электромагнитное экранирование изменяет поведение крыс / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова.* – 2015. – Т. 65. № 2. – С. 222–229.
23. Электромагнитное экранирование изменяет агрессивность крыс / Н. А. Темурьянц, Д. Р. Хусаинов, К. Н. Туманянц и др. // VII Международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». – Санкт-Петербург. – 2015. – С. 199.
24. Влияние моделируемых гипоманнитных условий дальнего космического полета на ритмическую организацию поведенческой активности крыс / Т. А. Замощина, Н. А. Кривова, М. Ю. Ходанович и др. // *Авиакосм. и экол. медицина.* – 2012. – Т. 46, № 1. – С. 17–23.
25. Влияние долговременного ослабления геомагнитного поля на агрессивность лабораторных крыс и активацию опиоидергических нейронов / М. Ю. Ходанович, Е. В. Гуль, А. Е. Зеленская и др. // *Вестник Томского государственного университета. Биология.* – 2013. – № 1 (21). – С. 146–160.
26. Динамика физиологических характеристик и эмоционально-поведенческой реактивности животных в преформированной геомагнитной среде / Д. В. Девицин, Н. А. Пальчикова, А. В. Трофимов и др. // *Бюл. СО РАМН.* – 2005. – Т. 25, № 3. – С. 71–77.
27. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes (ETS № 123). It concluded in Strasbourg March 18, 1986 Ch. III, Art. 6. Access: [base.garant.ru/4090914](http://base.garant.ru/4090914).
28. Маркель А. Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте «открытое поле» / А. Л. Маркель // *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова.* – 1981. – Т. 31, № 2. – С. 301–307.
29. Темурьянц Н. А. Динамика и инфрадианная ритмика температурной/болевогой чувствительности моллюска *Helix* в условиях воздействия электромагнитных полей / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // *Нейрофизиология.* – 2010. – Т. 42(4). – С. 329–339.
30. Буреш Я. Агрессия, вызванная болью / Я. Буреш, О. Бурешова, Д. П. Хьюстон // *Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения.* – М.: Высшая школа. – 1991. – С. 130–131.
31. Aggression and the three opioid families (endorphins, enkephalins, and dynorphins) in mice / S. Tordiman, M. Carlier, D. Cohen [et.al] // *Behav Genet* – 2003 – Vol. 33, Is. 5. – P. 529–536.
32. Frey A. H. Electromagnetic field interactions with biological systems / A. H. Frey // *FASEB J.* 7 – 1993. – No. 2. – P. 272–281.
33. Темурьянц Н. А. Переменное магнитное поле частотой 8 Гц корректирует активность опиоидной системы у моллюсков в условиях ферромагнитного экранирования / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* – 2014. – № 3. – С. 45–50.
34. Темурьянц Н. А. Участие мелатонина в изменении ноцицепции моллюсков и мышей при длительном электромагнитном экранировании / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // *Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова.* – 2013. – Т. 99(11). – С. 1333–1341.

**EFFECT OF EXOGENOUS MELATONIN ON THE DEVELOPMENT OF  
INTRASPECIFIC AND INTERSPECIFIC AGGRESSION IN RATS UNDER  
MODERATE ELECTROMAGNETIC SHIELDING**

*Temuryants N. A., Tumanyants K. N., Chuyan E. N., Khusainov D. R., Cheretaev I. V.,  
Chajka A. V., Yarmolyuk N. S.*

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation  
E-mail: timur328@gmail.com*

It was found that exogenous melatonin affects the development of intra- and interspecies aggression in rats located in moderate electromagnetic shielding. Exogenous melatonin administered daily at 1 mg/kg or 5 mg/kg eliminates increasing interspecific aggression under the influence of moderate electromagnetic shielding. Effect of exogenous melatonin on the development of intraspecific aggression is dose-dependent: the administration of 1 mg/kg daily does not cause changes in intraspecific aggression in rats under electromagnetic shielding. Exogenous melatonin in a dose of 5 mg/kg eliminates the increase of intraspecific aggression in rats in conditions of electromagnetic shielding.

**Keywords:** electromagnetic shielding, intraspecific aggression, interspecific aggression, rats, melatonin, dose.

**References**

1. Tan D.-X., Zheng X., Kong J., Lucien C. Fundamental issues related to the origin of melatonin and melatonin isomers during evolution: relation to their biological functions, *Int. J. Mol. Sci.*, **15**, **9**, 15858 (2014).
2. Reiter R. J. Pineal melatonin: cell biology of its synthesis and of its physiological interactions, *Endocrine Rev.*, **12**, 151 (1991).
3. Reiter R. J. Electromagnetic fields and melatonin production, *Biomed. Pharmacother.*, **47**, **10**, 439 (1993).
4. Reiter R. J. Static and extremely low frequency electromagnetic field exposure: reported effects on the circadian production of melatonin, *J. Cell. Biochem.*, **51**, 394 (1993).
5. Reiter R. J. The melatonin rhythm: both a clock and a calendar, *Experientia.*, **49**, **8**, 654 (1993).
6. Arushanyan E. B. *Unikal'nyy melatonin*, 400 p. (Stavropol', 2006).
7. Rapoport P. I. *Melatonin: theory and practice*, 100 p. (M.: Medpraktika, 2009).
8. Manchester L. C., Coto-Montes A., Boga J. A., Andersen L. P., Zhou Z., Galano A., Vriend J., Tan D. X., Reiter R. J. Melatonin: an ancient molecule that makes oxygen metabolically tolerable, *J. Pineal Res.*, **59**, **4**, 403 (2015).
9. Hardeland R., Cardinali D. P., Srinivasan V., Spence D. W., Brown G. M., Pandi-Perumal S. R. Melatonin – a pleiotropic, orchestrating regular molecule, *Progr. Neurobiol.*, **93**, 350 (2011).
10. Anisimov V. N. *Melatonin: a role is in an organism, application in a clinic*, 40 p. (SPb.: System, 2007).
11. Malhotra S., Sawhney G., Pandhi P. The therapeutic potential of melatonin: a review of the science, *MedGenMed.*, **6**, **2**, 46. (2004).
12. Kostoglou-Athanassiou I. Therapeutic applications of melatonin, *Ther Adv Endocrinol Metab.*, **4**(1), 13 (2013).
13. Arushanyan E. B. Universal'nye therapeutic possibilities of melatonina, *Clinical medicine*. V. 91(2). P. 4-8. (2013).
14. Siah K. T., Wong R. K., Ho K. Y. Melatonin for the treatment of irritable bowel syndrome, *World J Gastroenterol.*, **20**(10), 2492 (2014).

15. Semm P., Schneider T., Vollrath L. Effects of Earth-strength magnetic field on electrical activity of pineal cells, *Nature.*, **288**, 607 (1980).
16. Wilson B. W., Anderson L. E., Hilton D. I., Phillips R. D. Chronic exposure to 60 Hz electric fields: effects on pineal function in the rat, *Bioelectromagnetics.*, **2**, **4**, 371 (1981).
17. Touitou Y., Selmaoui B. The effects of extremely low-frequency magnetic fields on melatonin and cortisol, two marker rhythms of the circadian system, *Dialogues in Clinical Neuroscience*, **14**, **4**, 381 (2012).
18. Lewczuk B., Redlarski G., Żak A., Ziółkowska N., Przybylska-Gornowicz B., Krawczuk M. Influence of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields on the Circadian System: Current Stage of Knowledge, *BioMed Research International*, **2014**, 13. (2014).
19. Arushanyan E. B. Epifiz and depression, *Magazine of neurology and psychiatry the name of S. S. Korsakova*, **91(6)**, 108 (1991).
20. Pacchierotti C., Iapichino S., Bossini L., Pieraccini F., Castrogiovanni P. Melatonin in psychiatric disorders: a review on the Melatonin involvement in psychiatry, *Front Neuroendocrinol.*, **22**, 18 (2001).
21. Munro S., Lewin S., Swart T., Volmink J. A review of health behaviour theories: how useful are these for developing interventions to promote long-term medication adherence for TB and HIV/AIDS?, *BMC Public Health.*, **7**, 104. (2007).
22. Temur'yants N. A., Kostyuk A. S., Tumanyants K. N. The electromagnetic screening is changed by the conduct of rats, *Magazine of higher nervous activity the name of I. P. Pavlova*, **65(2)**, 222 (2015).
23. Temur'yants N. A., Khusainov D. R., Tumanyants K. N., Kostyuk A. S., Cheretaev I. V., Yarmolyuk N. S., Chajka A. V. The electromagnetic screening is changed by the aggressiveness of rats, *of VII International congress the «Weak and superweak fields and radiations in biology and medicine»*, 199 (it is Saint Petersburg. 2015).
24. Zamoschina N. A., Krivova M., Khodanovich Yu., Truhanov K. A., Tukhvatulin R. T., Zaeva O. B., Zelenskaya A. E., Gul E. V. Effect of simulated conditions hypomagnetic deep space missions on the rhythmic organization of behavioral activity of rats, *Aerospace and environmental medicine*, **1**, 17, (2012).
25. Khodanovich M. U., Gul E. V., Zelenskaya A. E., Pan E. S., Krivova N. A., Effect of long-term weakening of the geomagnetic field on the aggressiveness of laboratory rats and activation of opioidergic neurons, *Bulletin of the Tomsk State University. Biology*, **1(21)**, 146, (2013).
26. Devitsin D. V., Palchikova N. A., Trofimov A. V., Selyatitskaya V. G., Treasurers V. P., Dynamics of physiological characteristics and emotional-behavioral reactivity of animals in preformed geomagnetic environment, *Bull. SB RAMS*, **25**, **3**, 71, (2005).
27. The European Convention for the Protection of Vertebrate Animals used for Experimental and other Scientific Purposes, Strasbourg, March 18, **3(6)**, (1986).
28. Markel' A. L. To the estimation of basic descriptions of conduct of rats in a test the «opened field», *Magazine of higher nervous activity the name of I. P. Pavlova*, **31(2)**, 301 (1981).
29. Temuryants N. A., Kostyuk A. S., Tumanyants K. N., The dynamics and rhythm infradian temperature / pain sensitivity mollusk *Helix* in terms of exposure to electromagnetic fields, *Neurophysiology*, **42(4)**, 329, (2010).
30. Buresh I., Bureshova O., Kh'yuston D. P. Aggression, caused pain, *Methods and basic experiments on the study of brain and conduct*, 130 (M.: Higher school., 1991).
31. Touitou Y., Selmaoui B. The effects of extremely low-frequency magnetic fields on melatonin and cortisol, two marker rhythms of the circadian system, *Dialogues in Clinical Neuroscience*, **14**, **4**, 381 (2012).
32. Frey A. H., Electromagnetic field interactions with biological systems, *FASEB J.*, **7**, **2**, 272 (1993).
33. Temuryants N. A., Kostyuk A. S. The alternating magnetic field at 8 Hz corrects the activity of opioid system in molluscs in a ferromagnetic screening, *Aerospace and Environmental Medicine*, **3**, 45 (2014).
34. Temuryants N. A., Kostyuk A. S., Tumanyants K. N., Involvement of melatonin in changing nociception mollusks and mice with prolonged electromagnetic shielding, *Ros. Fiziol. Zh. them. I.M. Sechenov*, **99(11)**, 1333 (2013).

**УДК 612.821**

## **АЛЬФА–ТЕТА ТРЕНИНГ: САМОРЕГУЛЯЦИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА С ПОМОЩЬЮ СЕАНСОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЭГ**

*Трибрат А. Г.<sup>1</sup>, Павленко В. Б.<sup>2</sup>, Трибрат Н. С.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

*<sup>2</sup>Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: 3brat@rambler.ru*

Статья посвящена исследованию изменению частот и спектров мощности текущей ЭЭГ в ходе проведения серии из трех сеансов биологической обратной связи по ее характеристикам (ЭЭГ-ОС), ориентированным на увеличение соотношения мощностей альфа- и тета-ритмов. На протяжении сеансов ЭЭГ-ОС соотношение мощностей альфа- и тета-ритмов снижается у испытуемых как контрольной, так экспериментальной групп. Логично предположить, что в результате сеансов ЭЭГ-ОС повышается функциональная возможность произвольной психической релаксации.

**Ключевые слова:** биологическая обратная связь по характеристикам ЭЭГ; нейрофидбэк, нейротерапия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Исследованиями последних лет показано, что существуют корреляционные связи между электроэнцефалографическими показателями работы мозга и функциональными характеристиками текущего состояния человека, в частности, уровнем его общей активации, самочувствием и эмоциональным состоянием [1–5]. Тесная взаимосвязь между электро-, нейро- и психофизиологическими процессами лежит в основе метода обратной связи по ЭЭГ (ЭЭГ-ОС, нейрофидбэк, нейротерапия). Сущность метода состоит в том, что испытуемый, пользуясь различными техниками (физическое расслабление, психическая релаксация или, наоборот, концентрация внимания), целенаправленно изменяет свое психическое состояние, ориентируясь на сигнал обратной связи, информирующий об амплитудно-частотных характеристиках ЭЭГ [6].

Несмотря на то, что альфа-тета тренировки нашли своё практическое применение, о природе благоприятного влияния сеансов ЭЭГ-ОС на процессы, протекающие в ЦНС и организме в целом, имеются пока лишь отдельные предположения. Для выявления механизмов благоприятного влияния ЭЭГ-ОС актуально изучение частотного паттерна ЭЭГ в процессе тренировки и по его завершению. Таким образом, целью данной работы явилось изучение динамики текущей ЭЭГ в центральных локусах при проведении серии сеансов биологической обратной связи по ЭЭГ, направленных на увеличение соотношения альфа- и тета-ритма правого полушария.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании приняло участие 70 здоровых испытуемых в возрасте от 18 до 30 лет, обоого пола. Из них 37 человек входили в экспериментальную группу, 33 – в группу контроля. Все испытуемые были добровольцами и не находились в состоянии эмоционального стресса.

Основная часть исследования проводится по следующей схеме:

В первый и третий дни исследования проводили регистрацию исходных показателей состояния испытуемого, включая следующие элементы и проведение тренинга или его имитации: проведение сеанса ЭЭГ-ОС (экспериментальная группа) или его имитации (контрольная группа). В третий день проводили клиническую беседу с испытуемым о применяемой им технике подавления «белого шума» во время сеанса ЭЭГ-ОС. Во второй день исследования проводили сеанс ЭЭГ-ОС или его имитацию.

Отвод и анализ ЭЭГ осуществляли по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа ЭЭГ-16S («Medicog», Венгрия), интерфейса и компьютера IBM PC. ЭЭГ-потенциалы отводили монополярный, с расположением электродов по системе «10-20» в точках С3 и С4.

Для проведения сеансов ЭЭГ-ОС использовали специально разработанную программу "Biofeedback-2".

Для проведения процедуры ЭЭГ-ОС был организован непрерывный акустический обратная связь по соотношению мощностей альфа- и тета-ритмов. Как сигнал обратной связи использовался белый шум. Одновременно испытуемому подавали спокойные плавные мелодии, которые способствуют релаксации.

Сеанс ЭЭГ-ОС состоял из трех этапов. Первый этап продолжался 2,5 минуты. В этот период подавалась музыка и средний по громкости белый шум. Испытуемый не имел возможности контролировать его, поскольку обратная связь на этом этапе не включался.

Второй этап продолжался пять минут. С момента его начала включали биологическая обратная связь. Как и в течение первого этапа, подавали музыку и белый шум, но на протяжении данного этапа шум программно менялся в зависимости от соотношения альфа- и тета-ритма правого полушария. Испытуемый мог контролировать громкость данного сигнала – шум усиливается при напряженном состоянии, то есть доминировании тета-ритма, и затихает при расслабленном состоянии, то есть доминировании альфа-ритма.

Третий этап продолжался 2,5 минуты. В течение данного этапа изучали эффект последствия тренинга с использованием ЭЭГ-ОС. В начале данного этапа белый шум выключали, оставляли только музыкальный фон.

Длительность сеанса составляла около десяти минут.

Испытуемым контрольной группы предлагался сеанс прослушивания того же музыкального фона с временными характеристиками, аналогичными такими в экспериментальной группе (этапы по 2,5, 5 и 2,5 мин) и наличием белого шума на первом и втором этапах, однако инструкции по управлению своей ЭЭГ давали. Белый шум был постоянным по громкости.

Предварительная регистрация ЭЭГ в 16 отведениях показала, что в процессе тренинга наблюдается изменение мощности альфа-ритма как затылочных, так и в лобных отведениях. Однако наиболее выраженный и стойкий характер изменение ЭЭГ носила в центральном регионе [7].

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

При проведении первого сеанса ЭЭГ-ОС у испытуемых экспериментальной группы наблюдается статистически значимое уменьшение мощности исследованных ритмов ЭЭГ, зарегистрированных в течение второго и третьего этапов сеанса, по сравнению с исходным, первым, этапом. Альфа-ритм в левом полушарии падает на 17 % ( $P < 0.01$ ), в правом – на 19 % ( $P < 0.001$ ). Однако, в отличие от контрольной группы, при этом выявлено и значимое снижение низкочастотных ритмов ЭЭГ. Так, мощность тета-ритма в левом полушарии снижается на 7 %, в правом – на 10 % ( $P < 0.01$ ). Особенно интересной является тенденция к увеличению мощности альфа-ритма в период одноименных этапов от сеанса к сеансу, особенно выраженная в правом полушарии. Так, к концу третьего сеанса мощность альфа-ритма в указанном полушарии выросла на 6 % по сравнению с показателями завершающего этапа первого сеанса. При этом, если на протяжении первого этапа первого сеанса у испытуемых данной группы мощность альфа-ритма в правом полушарии была на 2% ниже, чем в левом, то под действием ЭЭГ-ОС асимметрия указанного ритма приобретает противоположный характер – мощность альфа-ритма становится в правом полушарии выше на 3% выше, чем в левом. У испытуемых контрольной группы подобных изменений мощности альфа-ритма и его асимметрии не выявлено.

В связи с направленностью тренингов ЭЭГ-ОС на увеличение соотношения мощностей альфа- и тета-ритмов, особый интерес представляло сопоставление динамики этого показателя у испытуемых обеих групп. Уже исходная величина данного соотношения у членов экспериментальной группы в среднем выше, чем у участников исследования из контрольной группы (рис. 1), хотя эти различия и не достигали уровня статистически значимых.

На протяжении всех трех сеансов ЭЭГ-ОС соотношение мощностей альфа- и тета-ритмов обоих полушарий снижается у испытуемых как контрольной, так экспериментальной групп. Однако уменьшение данного соотношения у испытуемых экспериментальной группы менее значительно, чем у участников исследования, принадлежащих к контрольной группе. У членов контрольной группы прослушивание музыки и белого шума приводит почти к равномерному снижению соотношения мощности альфа- и тета-ритмов обоих полушарий от этапа к этапу на протяжении всех трех сеансов.

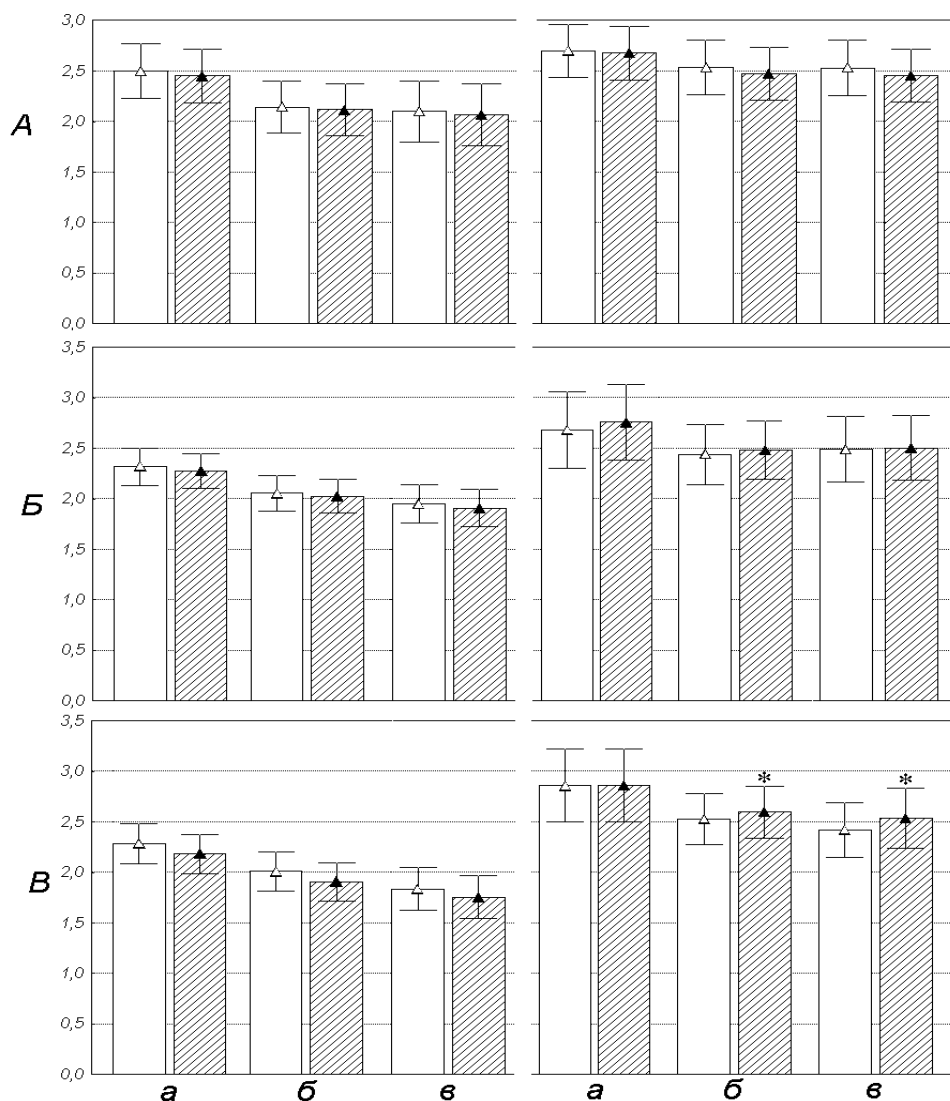


Рис 1. Соотношение мощности  $\alpha$ - и  $\theta$ -ритмов ЭЭГ, зарегистрированных в центральных отведениях испытуемых на протяжении контрольной серии исследований (слева) и при проведении сеансов биологической обратной связи по ЭЭГ (справа).

А, Б, В – три последовательных сеанса или их имитация, состоящие из трех этапов (а, б, в). Белые столбики – для левого, заштрихованные – для правого полушария. Указаны значения средних  $\pm$  значение среднего по группе. Звездочками отмечены случаи значимых ( $P < 0.05$ ) отличий от показателей контрольной группы.

У испытуемых экспериментальной группы вслед за небольшим снижением указанного соотношения при переходе от первого ко второму этапу его величина

стабилизируется. Особенно велики различия между соотношением мощностей альфа- и тета-ритмов испытуемых обеих групп в правом полушарии. Здесь указанное соотношение у испытуемых экспериментальной группы к концу третьего сеанса не только становится выше, чем в их левом полушарии, но и на 48 % ( $P < 0.05$ ) превышает соотношение мощностей альфа- и тета-ритмов в правом полушарии у испытуемых контрольной группы.

Анализ динамики альфа- и тета-ритмов у отдельных испытуемых показал, что те из них, кто входил в экспериментальную группу и ориентировался на сигнал обратной связи чаще демонстрировали увеличение соотношения альфа- и тета-ритмов. Всего к концу первого сеанса ЭЭГ-ОС соотношение указанных ритмов в левом полушарии по сравнению с исходным уровнем удалось увеличить у 14 (37.8 %), в правом – у 16 (43.2 %) из 37 (100 %) испытуемых экспериментальной группы. В контрольной группе на этом этапе увеличение такого соотношения и для правого и для левого полушария выявлено только у 11 (32.4 %) из 34 (100 %) человек.

К концу второго сеанса увеличение показателя по сравнению с исходным уровнем первого дня выявлено в обоих полушариях почти у половины участников исследования экспериментальной группы – у 18 (48.7 %) человек. Подобное изменение ЭЭГ в этот период наблюдалось в левом полушарии у 13 (38.2 %), в правом – у 12 (35.3 %) человек контрольной группы. К концу третьего сеанса увеличение показателя по сравнению с исходным уровнем первого дня выявлено в обоих полушариях у 16 (43.2 %) человек экспериментальной группы. У испытуемых контрольной группы в этот период увеличение показателя выявлено в 12 (35.3 %) случаях для левого и правого полушарий. Таким образом, существует тенденция к приросту соотношения альфа- и тета-ритма у большего числа испытуемых экспериментальной группы, по сравнению с контрольной.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Увеличение при проведении сеансов биологической обратной связи у участников тренинга соотношения мощности альфа- и тета-ритмов центральных отделов правого полушария, по сравнению с показателями контрольной группы, объективно свидетельствует об эффективности данной методики как метода саморегуляции психофизиологического состояния.
2. Анализ альфа-ритма ЭЭГ, зарегистрированного в центральных отделах с учетом его индивидуальных частотных характеристик, показал, что при проведении сеансов ЭЭГ-ОС у испытуемых опытной группы, в отличие от участников исследования контрольной группы, к концу тренингов развивается статистически значимый ( $P < 0.05$ ) прирост мощности альфа-1-ритма ЭЭГ на 70 % в левом и на 80 % в правом полушариях по сравнению с его исходным уровнем.

*Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках базовой части государственного задания № 2015/701 Минобрнауки России в сфере научной*



*деятельности темы «Обоснование применения оздоровительно-превентивных технологий на основе действия низкоинтенсивных факторов различной природы».*

**Список литературы**

1. Калашникова И. Г. Индивидуально–типологические особенности ЭЭГ-коррелятов эмоциональных реакций человека / Калашникова И. Г. // Физиол. журн.. – 1995. – Т. 41, № 10. – С. 108–112.
2. Костюнина М. Б. Частотные характеристики спектров ЭЭГ при эмоциях / Костюнина М. Б., Куликов М. А. // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П.Павлова. – 1995. – Т. 45, № 3. – С. 453–457.
3. Crawford H. J. Self-generated happy and sad emotions in low and highly hypnotizable persons during waking and hypnosis: laterality and regional EEG activity differences / Crawford H. J., Clarke S. W., Kitner-Triolo M. // Int. J. Psychophysiol. – 1996. – V. 24, N 3. – P. 239–266.
4. Krause C. M. Relative electroencephalographic desynchronization and synchronization in humans to emotional film content: an analysis of the 4–6, 6–8, 8–10 and 10–12 Hz frequency bands / Krause C. M., Viemero V., Rosenqvist A., Sillanmaki L., Astrom T. // Neuroscience Letters. – 2000. – V. 286, N 1. – P. 9–12.
5. Aftanas L. I. Trait anxiety impact on the EEG theta band power changes during appraisal of threatening and pleasant visual stimuli / Aftanas L. I., Pavlov S. V., Reva N. V., Varlamov A. A. // Int. J. Psychophysiol. – 2003. – V. 50, N 3. – P. 205–212.
6. Трибрат А. Г. Динамика ЭЭГ-потенциалов в начале серии сеансов обратной связи по характеристикам ЭЭГ / А. Г. Трибрат, Д. Г. Губкина, В. Б. Павленко // Нейрофизиология. – 2007. – Т. 39, № 1. – С. 88–98.
7. Павленко В. Б. Нейробиологические факторы психической индивидуальности и их электрофизиологические корреляты / Павленко В. Б. // В кн.: Системные реакции в биопотенциалах головного мозга человека и животных (под редакцией В.Г. Сидякина). – Симферополь: СГТ, 2001. – С. 276–336.

**ALPHA–THETA TRAINING: SELF-REGULATION OF  
PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE WITH THE HELP OF THE FEEDBACK  
SESSIONS ON THE EEG**

*Tribrat A. G., Pavlenko V. B., Tribrat N. S.*

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation  
E-mail: 3brat@rambler.ru*

Changes of specters of the EEG was studied in set the experiments with biofeedback, which consists of three tries and based on EEG characteristics, which were oriented on increasing ration between power of alpha- and theta rhythms analyzes was done. The feedback signal is a volume of white noise, combined with the background music, in the control of the sound impact remained unchanged. EEG-potentials were recorded in C3 and C4 locus. During the sessions running EEG power ratio alpha and theta rhythms is reduced in subjects as a control, since the experimental groups. However, experimental test group decrease significantly less than this ratio and the end of the third session in the right hemisphere significantly exceeds the rate of the control group. To determine the EEG power in the sub-bands of EEG alpha rhythm of each test subject to individual analysis. After neurofeedback sessions also revealed a significant increase in the



**УДК 612.159:615.3**

## **ВЛИЯНИЕ ГАЛОПЕРИДОЛА НА КОГНИТИВНЫЕ ФУНКЦИИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

*Чайка А. В., Черетаев И. В., Хусаинов Д. Р., Коренюк И. И.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: 5612178@ukr.net*

В обзоре рассматриваются литературные данные об эффектах галоперидола на когнитивные функции, его взаимодействии с различными рецепторами мозга. Показана неоднозначность и противоречивость существующих сведений о влиянии галоперидола на когнитивные функции. Этому способствует разнообразие используемых доз препарата (от 0.01 мг/кг до 30 мг/кг) и объектов для экспериментов (моллюски, птицы, млекопитающие). Возможные механизмы влияния галоперидола на когнитивные функции связывают с  $D_2$  и  $\alpha_2$  рецепторами. Акцентируется внимание на необходимости проведения детального изучения влияния галоперидола на когнитивные функции при различном эмоциональном фоне и с различными дозами препарата, чтобы прийти к определённым выводам о его эффектах.

**Ключевые слова:** галоперидол, когнитивные функции, дофамин, память, ноотропные эффекты.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Галоперидол – нейролептик с выраженным антипсихотическим, умеренным седативным и противорвотным физиологическим действием, блокатор дофаминовых  $D_2$  рецепторов в мезокортикальных и лимбических структурах головного мозга [1, 2]. Установлено, что он взаимодействует с рядом рецепторов различных нейромедиаторных систем. Галоперидол – блокатор  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  дофаминовых рецепторов [3–5]; агонист  $5HT_{1A}$  серотониновых [6] и  $\sigma_2$  рецепторов нейронов [7]; конкурентный антагонист  $5HT_{2A}$ ,  $5HT_{2C}$ ,  $5HT_6$  серотониновых,  $\alpha_{1a}$ ,  $\alpha_{2a}$ ,  $\alpha_{2b}$ ,  $\alpha_{2c}$  адрениновых,  $H_1$  гистаминовых и  $M_1$  мускариновых рецепторов [6]; необратимый конкурентный антагонист  $5HT_7$  серотониновых рецепторов [6]; антагонист  $R1\backslash NR2B$  субъединиц NMDA рецепторов [8]. Основной мишенью галоперидола, помимо дофаминовых рецепторов [3–5], являются  $\sigma_1$  [7] и  $\alpha_{1a}$  [6] рецепторы. Также довольно высокая аффинность у галоперидола к  $5HT_{2A}$  [6] и  $\sigma_2$  [7] рецепторам.

Галоперидол используется для коррекции патологических состояний, обусловленных гиперфункцией дофаминергических систем [8–13], а также в экспериментальных исследованиях когнитивных функций [14–23]. Существующие данные о влиянии этого препарата на процессы памяти и обучения неоднозначны, а порой противоречивы, чему также способствует разнообразие используемых доз препарата и объектов для экспериментов.

Поэтому целью настоящего обзора является рассмотрение существующих литературных данных о влиянии галоперидола на когнитивные функции.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ

### Сведения о положительных эффектах галоперидола на когнитивные функции

Среди известных работ о положительном влиянии галоперидола на когнитивные функции преобладают сведения о благоприятном эффекте галоперидола в условиях разнообразных нарушений памяти [14, 19], в то время как изучению влияния галоперидола на когнитивные функции здоровых людей и животных не уделялось достаточно внимания. Например, обнаружено положительное влияние галоперидола (в дозе 0,05 мг/кг) на память и внимание гиперактивных и асоциально-агрессивных детей [18], нейрокогнитивные функции шизофреников при длительной терапии (в дозе 8 до 30 мг/кг на протяжении от 2-3 месяцев до нескольких лет) [9, 11], память крыс с поражением гиппокампа (в дозе 0,3 мг/кг) [21] и нарушениями кратковременной памяти (в дозе 0,5 мг/кг) [23].

У здоровых крыс положительное влияние галоперидола в дозе 0,3-0,5 мг/кг на извлечение энграмм из долговременной памяти автор исследования [24] связывает с адренергическим и норадренергическим механизмами, в частности с влиянием на функциональное состояние  $\alpha_2$  рецепторов.

В ходе ряда исследований были выявлены также и косвенные проявления ноотропного действия галоперидола. Так, было установлено, что после отмены инъекций галоперидола в дозах 0,2 и 1 мг/кг у крыс на протяжении последующих 15 суток увеличивалась плотность  $D_2$  рецепторов в гиппокампе, стриатуме и полосатом теле [25], что может служить доказательством наличия ноотропного эффекта галоперидола ввиду участия дофаминергической системы в когнитивных механизмах [15, 20, 26]. Семидневное введение галоперидола взрослым песчанкам (5 мг/кг) увеличивало на 75 % пролиферацию гранулярных клеток гиппокампа [27], которые связывают с памятью и обучением [28].

### Сведения об отрицательных эффектах галоперидола на когнитивные функции

Помимо положительного влияния галоперидола на когнитивную сферу, ряд исследователей обращает внимание и на его отрицательные эффекты [10, 16, 20, 29, 30]. Так Ploeger с соавторами [16] выяснил, что галоперидол в низких дозах (0,04–0,1 мг/кг) ухудшает пространственное обучение крыс в водном тесте Морриса и предполагает, что обнаруженные эффекты, связаны с влиянием на функции полосатого тела. Salamone [29] выявил, что галоперидол (0,05–0,15 мг/кг) угнетает условнорефлекторную деятельность у крыс, и это не зависит от седативного или мотивационного эффекта препарата.

В другой работе установлено, что хроническое введение галоперидола вызывает дефицит рабочей памяти [20]. Carrasco с соавторами [31] указал на сходство эффекта галоперидола на память с последствиями воздержания от курения табака. Негативное влияние галоперидола в дозе 0,5 мг/сутки на нейрокогнитивные функции выявлено Герштейном и соавторами [30] на клеточном уровне – в поле СА3 гиппокампа наблюдалось увеличение содержания и концентрации белков в нейронах по отношению к контролю с одновременным уменьшением размеров их

ядер и цитоплазмы. В связи с этим, наблюдаемые явления можно считать результатом структурных перестроек в нейронах, в частности, начала их дегенеративных изменений [30]. В работе [10] продемонстрировано негативное влияние галоперидола на когнитивные функции у больных шизофренией.

Bartus [17] объясняет отрицательный эффект галоперидола не непосредственным его влиянием на когнитивную деятельность, а как следствие нарушения и подавления двигательной активности в целом, в первую очередь благодаря блокаде  $D_2$  рецепторов. В работе Weiss и соавторов [32] высказано мнение, что отрицательное влияние антипсихотиков на когнитивные функции связано не только с их высокой антидофаминергической активностью, но и с развитием экстрапирамидных побочных симптомов.

### **Неоднозначные и противоречивые сведения об эффектах галоперидола на когнитивные функции**

Некоторые авторы в ходе своих экспериментов не смогли сделать однозначный вывод об эффектах галоперидола на когнитивные функции [18, 21]. Другие же исследователи и вовсе не выявили значимых эффектов галоперидола на такие процессы как память, обучение. Так, Говорин и др. [12] не выявил положительного влияния галоперидола (15-20 мг/сут) на процессы нейродеструкции и нейрорепарации у больных шизофренией в острой стадии; Salamone [22] показал, что галоперидол (0.1 мг/кг) принципиально не влияет на выбор инструментальной реакции у крыс. Муранова [14] отметила, что хроническое введение галоперидола не вызывает изменений динамики выработки условного рефлекса у виноградной улитки. На отсутствие эффекта у галоперидола на когнитивные функции также указывал David [8].

Halim с соавторами [33] показал, что галоперидол (0,05 и 2 мг/кг) не влияет на пролиферацию в течение 24 ч и выживаемость новообразованных клеток гиппокампа на протяжении 28 дней у взрослых крыс, и, следовательно, не оказывает влияние на процессы памяти.

В обзоре Woodward и соавторы [34] отметили, что в клинических испытаниях эффекта галоперидола на когнитивные функции у больных шизофренией при использовании низких доз галоперидола (менее 10 мг/кг в сутки) не было обнаружено значимых эффектов на когнитивные функции в отличие от исследований, где применяли высокие дозы этого препарата (более 10 мг/кг в сутки). При этом использование галоперидола в дозе 24 мг/кг в сутки и выше приводило к пагубному воздействию на когнитивные функции у испытуемых.

Все эти данные указывают на то, что эффект галоперидола на когнитивные функции в значительной степени зависит от применяемой дозы препарата.

### **Возможные дофаминергические механизмы влияния галоперидола на когнитивные функции**

В соответствии с дофаминергической гипотезой А. Карлсона, за которую он в 2000 г. был удостоен Нобелевской премии, блокада дофаминовых  $D_2$  рецепторов является основным механизмом развития антипсихотического эффекта [2].

Известно и то, что данный механизм лежит в основе физиологической активности галоперидола как антипсихотика, поэтому подобный механизм может быть задействован и в эффектах данного препарата на когнитивные функции.

Дофаминергический механизм влияния галоперидола на когнитивные функции представляется вполне возможным, если учесть многочисленные свидетельства об участии дофаминергической системы в физиологических процессах памяти [14, 26, 35–39]. Так, известно, что электрическое раздражение чёрной субстанции ухудшает формирование реакции пассивного избегания [35, 37]. Хирургическая и нейрохимическая инактивация чёрной субстанции приводит к нарушениям простых и сложных форм в познавательной сфере. Причем с усложнением когнитивных задач увеличиваются трудности в их решении, возрастают и сроки компенсации. Для условных рефлексов они составляют 1–2 недели, функции обобщения и абстрагирования не восстанавливаются в течение 2 месяцев [37]. Дофаминергическая система обеспечивает поздние, произвольные стадии внимания и его устойчивость [38]. Работы Murphy [26] и Goldman-Rakic [39] показали зависимость в функционировании когнитивной сферы от уровня дофамина и доказали снижение когнитивных функций при отклонении от оптимального уровня дофамина в префронтальной коре.

В ходе исследований на нейронах моллюсков был обнаружена способность галоперидола снижать содержание дофамина в нервной ткани [14]. При этом было показано, что механизм действия галоперидола на командные нейроны улитки основан на гиперполяризационном сдвиге мембранного потенциала и повышении порога для генерации потенциалов действия [14]. Кроме того, взаимодействие галоперидола с дофаминергическими структурами базальных ганглиев приводит к экстрапирамидным нарушениям (в основном паркинсонизм). Для их возникновения необходим уровень связывания  $D_2$  рецепторов от 75 % и выше [40].

Отдельного внимания заслуживает исследование Доведовой и соавт. [41], в котором высказано предположение о наличии фазы активации метаболизма дофамина при краткосрочном введении галоперидола (60 мин). Эти данные заставляют по-новому взглянуть на все результаты исследований когнитивных функций, полученные в 60 мин. промежуток после введения галоперидола.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, влияние галоперидола на когнитивные функции многими авторами объясняется как результат взаимодействия с  $D_2$  и  $\alpha_2$  рецепторами. Данные о влиянии галоперидола на процессы памяти и обучения неоднозначны, а порой противоречивы, чему также способствует разнообразие используемых доз препарата (от 0,01 мг/кг до 30 мг/кг) и объектов для экспериментов (моллюски, птицы, млекопитающие). Примечательно преобладание положительного эффекта галоперидола в условиях разнообразных нарушений памяти, в то время как изучению влияния данного препарата на когнитивные функции здоровых животных уделялось недостаточно внимания. Лишь недавно было установлено, что наличие повышенного уровня тревожности или предрасположенности к стрессу играет важную роль в проявлении эффектов галоперидола на когнитивные функции.

Поэтому существует необходимость более детального изучения влияния галоперидола на когнитивные функции при различном эмоциональном фоне и с различными дозами препарата, чтобы прийти к определённым выводам о его влиянии на когнитивные функции.

*Работа выполнена при финансовой поддержке госзадания № 2015/701 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках проекта «Обоснование применения оздоровительно-превентивных технологий на основе действия низкоинтенсивных факторов различной природы» базовой части госзадания Минобрнауки России.*

#### Список литературы

1. Коваленко В. Н. Компендиум 2014 – лекарственные препараты / В. Н. Коваленко, С. В. Сур, И. А. Зупанец. – К.: МОРИОН, 2014. – 1408 с.
2. Давыдов А. Т. Типичные антипсихотические препараты, их преимущества, роль и место в психиатрической практике / А. Т. Давыдова, Н. Н. Петрова, В. Г. Агишев // Психофармакология и биологическая наркология. – 2006. – Т. 6, № 4. – С. 1376–1390.
3. Leysen J. E. In vitro and in vivo receptor binding and effects on monoamine turnover in rat brain regions of the novel antipsychotics risperidone and ocapiperidone / J. E. Leysen, P. M. Janssen, W. Gommeren [et al.]. // Mol. Pharm. – 1992. – Vol. 41, № 3. – P. 494–508.
4. Malmberg E. Agonist and Inverse Agonist Activity at the Dopamine D3 Receptor Measured by Guanosine 5'-[γ-Thio]Triphosphate-[35S] Binding / E. Malmberg, E. Mikaelis, N. Mohell // J. Pharm. Exp. Ther. – 1998. – Vol. 285, № 1. – P. 119–126.
5. Leysen J. E. Risperidone: A novel antipsychotic with balanced serotonin-dopamine antagonism, receptor occupancy profile, and pharmacologic activity / J. E. Leysen, P. M. Janssen, A. A. Megens [et al.]. // J. Clin. Psychiatry. – 1994. – Vol. 55. – P. 5–12.
6. Kroeze W. K. H1-histamine receptor affinity predicts short-term weight gain for typical and atypical antipsychotic drugs / W. K. Kroeze, S. J. Hufeisen, B. A. Popadak [et al.]. // Neuropsychopharmacology. – 2003. – Vol. 28, № 3. – P. 519–526.
7. Colabufo N. Antiproliferative and cytotoxic effects of some  $\sigma_2$  agonists and  $\sigma_1$  antagonists in tumour cell lines / N. Colabufo, F. Berardi, M. Contino [et al.]. // Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology. – 2004. – Vol. 370, № 2. – P. 106–113.
8. David S. R. Нейрофизиологические изменения на ранней стадии шизофрении в течение годовой терапии оланзапином, рисперидоном или галоперидолом / S. R. David, B. D. Jones, A. Labelle [et al.]. // Психиатрия и психофармакотерапия. – 2007. – № 5. – С. 46–51.
9. Мосолов С. Н. Нейрокогнитивный дефицит у больных параноидной шизофренией в процессе терапии кветиапином, рисперидоном и галоперидолом / С. Н. Мосолов, С. О. Кабанов // Психиатрия. – 2005. – № 1. – С. 38–49.
10. Green M. F. The neurocognitive effects of low-dose haloperidol: a two-year comparison with risperidone / M. F. Green, S. R. Marder, S. M. Glynn [et al.]. // Biol. Psychiatry. – 2002. – Vol. 51. – P. 972–978.
11. Kern R. S. Risperidone versus haloperidol on secondary memory: can newer medications aid learning? / R. S. Kern, M. F. Green, B. D. Marshall [et al.]. // Schizophrenia Bulletin. – 1999. – Vol. 25, № 2. – P. 223–232.
12. Говорин Н. В. Влияние галоперидола и рисперидона на нейромаркеры и показатели эндотелиальной дисфункции у больных с острой шизофренией / Н. В. Говорин, А. И. Васильева // Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2011. – Т. 111, № 3. – С. 54–57.
13. Карабань И. Н. Особенности метаболизма мозга у недементных и дементных больных болезнью Паркинсона: диффузионно-взвешанная МРТ и МР-спектроскопия / И. Н. Карабань, З. З. Рожкова, Н. В. Карабань [и др.]. // Болезнь Паркинсона и расстройства движений. Руководство для врачей. – М.: Диалог, 2008. – С. 137–142.
14. Муранова Л. Н. Влияние галоперидола на поведенческие реакции и электрические характеристики командных нейронов виноградной улитки: автореф. дис. канд. биол. наук / Л. Н. Муранова. – Казань, 2006. – 20 с.

15. Ichihara K. Effects of haloperidol, sulpiride and SCH 23390 on passive avoidance learning in mice / K. Ichihara, T. Nabeshima, T. Kameyama // *Eur. J. Pharmacol.* – 1988. – Vol. 151, № 3. – P. 435–442.
16. Ploeger G. E. Effects of haloperidol on the acquisition of a spatial learning task / G. E. Ploeger, B. M. Spruijt, A. R. Cools // *Physiology and Behavior.* – 1992. – Vol. 52, № 5. – P. 979–983.
17. Bartus R. T. Short-term memory in the rhesus monkey: Effects of dopamine blockade via acute haloperidol administration / R. T. Bartus // *Biochemistry and Behavior.* – 1978. – Vol. 9, № 3. – P. 353–357.
18. Werry J. S. Methylphenidate and haloperidol in children: Effects on attention, memory, and activity / J. S. Werry, M. G. Aman // *Archives of General Psychiatry.* – 1975. – Vol. 32, № 6. – P. 790–795.
19. Дубровина Н. И. Особенности влияния галоперидола на развитие амнезии у агрессивных и субмиссивных мышей / Н. И. Дубровина, Л. В. Лоскутова // *Экспериментальная и клиническая фармакология.* – 2002. – Т. 65, № 6. – С. 3–5.
20. Lustig C. Chronic treatment with haloperidol induces deficits in working memory and feedback effects of interval timing / C. Lustig, W. H. Meck // *Brain and cognition.* – 2005. – Vol. 58, № 1. – P. 9–16.
21. Oades R. D. The development of food search behavior by rats: the effects of hippocampal damage and haloperidol / R. D. Oades, R. L. Isaacson // *Behavioral biology.* – 1978. – Vol. 24, № 3. – P. 327–337.
22. Salamone J. D. Anhedonia or anergia? Effects of haloperidol and nucleus accumbens dopamine depletion on instrumental response selection in a T-maze cost/benefit procedure / J. D. Salamone, M. S. Cousins, S. Bucher // *Behavioural brain research.* – 1994. – Vol. 65, № 2. – P. 221–229.
23. Schroeder U. Neuroleptics ameliorate phencyclidine induced impairments of short-term memory / U. Schroeder, H. Schroeder, H. Schwegler // *Br. J. Pharmacol.* – 2000. – Vol. 130, № 1. – P. 33–40.
24. Sara S. J. Haloperidol facilitates memory retrieval in the rat / S. J. Sara // *Psychopharmacology.* – 1986. – Vol. 89, № 3. – P. 307–310.
25. Vasconcelos S. M. Effects of haloperidol on rat behavior and density of dopaminergic D2-like receptors / S. M. Vasconcelos, V. S. Nascimento, C. R. Nogueira [et al.] // *Behavioural processes.* – 2003. – Vol. 63, № 1. – P. 45–52.
26. Murphy B. L. Dopamine and spatial working memory in rats and monkeys: pharmacological reversal of stress-induced impairment / B. L. Murphy, A. F. Arnsten, J. D. Jentsch [et al.] // *J. Neurosci.* – 1996. – Vol. 16, № 23. – P. 7768–7775.
27. Dawirs R. R. Adult treatment with haloperidol increases dentate granule cell proliferation in the gerbil hippocampus / R. R. Dawirs, K. Hildebrandt, G. Teuchert-Noodt // *Journal of Neural Transmission.* – 1998. – Vol. 105, № 3. – P. 317–327.
28. Shors T. J. Neurogenesis in the adult is involved in the formation of trace memories / Shors T. J., Miesegaes G., Beylin A. [et al.] // *Nature.* – 2001. – Vol. 410. – P. 372–376.
29. Salamone J. D. Different behavioral effects of haloperidol, clozapine and thioridazine in a concurrent lever pressing and feeding procedure / J. D. Salamone, M. S. Cousins, C. Maio [et al.] // *Psychopharmacology.* – 1996. – Vol. 125, № 2. – P. 105–112.
30. Герштейн Л. М. Морфохимические особенности реакции нейронов гиппокампа на гипофункцию дофаминергической системы / Л. М. Герштейн, И. М. Татаринцева, А. В. Сергутина [и др.] // *Журнал неврологии и психиатрии.* – 2012. – № 4. – С. 57–59.
31. Carrasco C. Simon Time estimation in minimally abstinent smokers / C. Carrasco, R. Redolat, V. M. Simon // *Human Psychopharmacology.* – 1998. – № 13. – P. 543–549.
32. Weiss E. The effects of second-generation antipsychotics on cognitive functioning and psychosocial outcome in schizophrenia / E. Weiss, R. Bilder, W. Fleischhacker // *Psychopharmacology.* – 2002. – Vol. 162. – P. 11–17.
33. Halim N. D. Effects of chronic haloperidol and clozapine treatment on neurogenesis in the adult rat hippocampus / N. D. Halim, C. S. Weickert, B. W. McClintock [et al.] // *Neuropsychopharmacology.* – 2004. – Vol. 29, № 6. – P. 1063–1069.
34. Woodward N. D. A meta-analysis of cognitive change with haloperidol in clinical trials of atypical antipsychotics: Dose effects and comparison to practice effects / N. D. Woodward, S. E. Purdon, H. Y. Meltzer [et al.] // *Schizophrenia Research.* – 2007. – Vol. 89. – P. 211–224.
35. Schultz W. Predictive reward signal of dopamine neurons / W. Schultz // *J. Neurophysiol.* – 1998. – Vol. 80, № 1. – P. 1–27.



36. Колотилова О. И. Дофаминергическая система мозга / О. И. Колотилова, И. И. Коренюк, Д. Р. Хусаинов, И. В. Черетаев // Вестник Брянского государственного университета. – 2014. – № 4. – С. 97–106.
37. Hansen J. C. The temporal dynamics of human auditory selective attention / J. C. Hansen, S. A. Hillyard // Psychophysiology. – 1988. – Vol. 25, № 3. – P. 316–329.
38. Netto S. M. Anxiogenic effect of median raphe nucleus lesion in stressed rats / S. M. Netto, R. Silveira, N. C. Coimbra // Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry. – 2002. – Vol. 26, № 6. – P. 1135–1141.
39. Goldman-Rakic P. S. D1 receptors in prefrontal cells and circuits / P. S. Goldman-Rakic, E. C. Muly, G. V. Williams // Brain Res. Rev. – 2000. – Vol. 31, № 2. – P. 295–301.
40. Малин Д. И. Экстрапирамидные побочные эффекты нейролептиков: классификация и современные способы коррекции / Д. И. Малин, В. В. Козырев, Р. С. Равилов // Психиатрия и психофармакотерапия. – 2001. – Т. 3, № 6. – С. 12–21.
41. Доведова Е. Л. Краткосрочное воздействие галоперидола и резерпина на обмен дофамина в нигростриарной системе мозга крыс / Е. Л. Доведова, Д. Н. Воронков, Р. М. Худоерков // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2010. – № 8. – С. 151–153.

## INFLUENCE OF HALOPERIDOL ON COGNITIVE FUNCTIONS (REVIEW)

*Chajka A. V., Cheretaev I. V., Khusainov D. R., Koreniuk I. I.*

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation  
E-mail: 5612178@ukr.net*

Haloperidol – derived butyrophenones, neuroleptic with antipsychotic, mild sedative, and antiemetic physiological effect, commonly known as the blocker of dopamine D2 receptors in the mesocortical and limbic brain structures. Haloperidol used for the correction of pathological conditions caused by the hyperactivity of the dopaminergic systems, as well as in experimental studies of cognitive functions.

Nootropic effects haloperidol by many authors explained as the result of interaction with D<sub>2</sub> and α<sub>1a</sub> receptors. Data on the effect of haloperidol on the processes of memory and learning is ambiguous, and sometimes contradictory, which also contributes to the diversity of the used doses (0.01 mg/kg to 30 mg/kg) and objects for experiments (mollusks, birds, mammals). It is remarkable predominance of positive effect of haloperidol in a wide variety of memory problems while studying the effect of haloperidol on cognitive function in healthy animals not paid enough attention. In addition to the positive effect of haloperidol on cognitive sphere, a number of researchers drew attention to its negative effects. Some authors in the course of their experiments failed to make an unambiguous conclusion about the nootropic effects of haloperidol. Other researchers have not found significant effects on haloperidol processes such as memory, learning.

Special attention given to study Dovedova et al. (2010), the result of which is the assumption of a phase activation of dopamine metabolism in the short term the introduction of haloperidol (60 min). These data give a new look to the results obtained in 60 min period after the introduction of haloperidol.

The diversity of the obtained results suggests that in the course of research was lost significant factor or perhaps a complex of factors that directly affect cognitive function in the background of the introduction of haloperidol. In particular, experiments Loskutova and the Dubrovina (2002) testify about it – the presence of anxiety or predisposition to

stress plays an important role on the effect of haloperidol on cognitive function. This assumption later expressed by Muranova (2006). The researches revealed that haloperidol contributes to the normalization of relations between the cortex and subcortex by eliminating the inversion in the ratio of proteins in the neurons of the cortex and subcortical structures observed in the predisposition to emotional stress; improves the preservation and reproduction of conditional skill in submissive mice in contrast to the aggressive animals.

It is necessary a more detailed study of haloperidol on cognitive functions in different emotional background and with different doses of the drug to reach conclusions about its effects.

**Keywords:** haloperidol, cognitive functions, dopamine, nootropic effects.

### References

1. Kovalenko V. N., Sur S. V., Zupanets I. A., *Kompendium – 2014 – lekarstvennye preparaty*, 1408 p. (Morion, Kiev, 2014).
2. Davydov A. T., Petrova N. N., Agishev V. G., Tipichnye antipsikhoticheskie preparaty, ikh preimushchestva, rol i mesto v psikiatricheskoj praktike, *Psikhofarmakologiya i biologicheskaya narkologiya*, **6** (4), 1376 (2006).
3. Leysen J. E., Janssen P. M., Gommeren W. et al., In vitro and in vivo receptor binding and effects on monoamine turnover in rat brain regions of the novel antipsychotics risperidone and ocapiperidone, *Mol. Pharm.*, **41** (3), 494 (1992).
4. Malmberg E., Mikaelis E., Mohell N., Agonist and Inverse Agonist Activity at the Dopamine D3 Receptor Measured by Guanosine 5'-[ $\gamma$ -Thio]Triphosphate-[35S] Binding, *J. Pharm. Exp. Ther.*, **285** (1), 119 (1998).
5. Leysen J. E., Janssen P. M., Megens A. A. et al., Risperidone: A novel antipsychotic with balanced serotonin-dopamine antagonism, receptor occupancy profile, and pharmacologic activity, *J. Clin. Psychiatry*, **55**, 5 (1994).
6. Kroeze W. K., Hufeisen S. J., Popadak B. A. et al., H<sub>1</sub>-histamine receptor affinity predicts short-term weight gain for typical and atypical antipsychotic drugs, *Neuropsychopharmacology*, **28** (3), 519 (2003).
7. Colabufo N., Berardi F., Contino M. et al., Antiproliferative and cytotoxic effects of some  $\sigma$ 2 agonists and  $\sigma$ 1 antagonists in tumour cell lines, *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, **370** (2), 106 (2004).
8. David S. R., Jones B. D., Labelle A. i dr., Neyrofiziologicheskie izmeneniya na ranney stadii shizofrenii v techenie godovoy terapii olanzapinom, risperidonom ili galoperidolom, *Psikiatriya i psikhofarmakoterapiya*, **5**, 46 (2007).
9. Mosolov S. N., Kabanov S. O., Neyrokognitivnyy defitsit u bolnykh paranoidnoy shizofreniy v protsesse terapii kvetiapiinom, risperidonom i galoperidolom, *Psikiatriya*, **1**, 38 (2005).
10. Green M. F., Marder S. R., Glynn S. M. et al., The neurocognitive effects of low-dose haloperidol: a two-year comparison with risperidone, *Biol. Psychiatry*, **51**, 972 (2002).
11. Kern R. S., Green M. F., Marshall B. D. et al., Risperidone versus haloperidol on secondary memory: can newer medications aid learning? *Schizophrenia Bulletin*, **25** (2), 223 (1999).
12. Govorin N. V., Vasileva A. I., Vliyanie galoperidola i risperidona na neyromarkery i pokazateli endotelialnoy disfunktsii u bolnykh s ostroy shizofreniy, *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*, **111** (3), 54 (2011).
13. Karaban I. N., Rozhkova Z. Z., Karaban N. V. i dr., Osobennosti metabolizma mozga u nedementnykh i dementnykh bolnykh boleznuyu Parkinsona: diffuzionno-vzveshannaya MRT i MR-spektroskopiya, *Bolezn Parkinsona i rasstroystva dvizheniy. Rukovodstvo dlya vrachey*, 137 (Dialog, Moskva, 2008).
14. Muranova L. N., Vliyanie galoperidola na povedencheskie reaksii i elektricheskie kharakteristiki komandnykh neyronov vinogradnoy ulitki: avtoref. dis. kand. biol. nauk, 20 p (Kazan, 2006).
15. Ichihara K., Nabeshima T., Kameyama T., Effects of haloperidol, sulphiride and SCH 23390 on passive avoidance learning in mice, *Eur. J. Pharmacol.*, **151** (3), 435 (1988).

16. Ploeger G. E., Spruijt B. M., Cools A. R., Effects of haloperidol on the acquisition of a spatial learning task, *Physiology and Behavior*, **52** (5), 979 (1992).
17. Bartus R. T., Short-term memory in the rhesus monkey: Effects of dopamine blockade via acute haloperidol administration *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, **9** (3), 353 (1978).
18. Werry J. S., Aman M. G., Methylphenidate and haloperidol in children: Effects on attention, memory, and activity, *Archives of General Psychiatry*, **32** (6), 790 (1975).
19. Dubrovina N. I., Loskutova L. V., Osobennosti vliyaniya galoperidola na razvitie amnezii u agressivnykh i submissivnykh myshey, *Ekspierimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*, **65** (6), 3 (2002).
20. Lustig C., Meck W. H., Chronic treatment with haloperidol induces deficits in working memory and feedback effects of interval timing, *Brain and cognition*, **58**, (1), 9 (2005).
21. Oades R. D., Isaacson R. L., The development of food search behavior by rats: the effects of hippocampal damage and haloperidol, *Behavioral biology*, **24** (3), 327 (1978).
22. Salamone J. D., Cousins M. S., Bucher S., Anhedonia or anergia? Effects of haloperidol and nucleus accumbens dopamine depletion on instrumental response selection in a T-maze cost/benefit procedure, *Behavioural brain research*, **65** (2), 221 (1994).
23. Schroeder U., Schroeder H., Schwegler H., Neuroleptics ameliorate phencyclidine induced impairments of short-term memory, *Br. J. Pharmacol.*, **130** (1), 33 (2000).
24. Sara S. J., Haloperidol facilitates memory retrieval in the rat, *Psychopharmacology*, **89** (3), 307 (1986).
25. Vasconcelos S. M., Nascimento V. S., Nogueira C. R. et al., Effects of haloperidol on rat behavior and density of dopaminergic D<sub>2</sub>-like receptors, *Behavioural processes*, **63** (1), 45 (2003).
26. Murphy B. L., Arnsten A. F., Jentsch J. D et al., Dopamine and spatial working memory in rats and monkeys: pharmacological reversal of stress-induced impairment, *J. Neurosci.*, **16** (23), 7768 (1996).
27. Dawirs R. R., Hildebrandt K., Teuchert-Noodt G., Adult treatment with haloperidol increases dentate granule cell proliferation in the gerbil hippocampus, *Journal of Neural Transmission*, **105** (3), 317 (1998).
28. Shors T. J., Miesegaes G., Beylin A. et. al., Neurogenesis in the adult is involved in the formation of trace memories, *Nature*, **410**, 372 (2001).
29. Salamone J. D., Cousins M. S., Maio C. et. al., Different behavioral effects of haloperidol, clozapine and thioridazine in a concurrent lever pressing and feeding procedure, *Psychopharmacology*, **125** (2), 105 (1996).
30. Gershteyn L. M., Khudoerkov R. M., Vliyanie galoperidola na sodержanie belkov v neyronakh mozga krysa, predispolozhennykh k emotsionalnomu stress, *Neyrokimiya*, **3**, 220 (2000).
31. Carrasco C., Redolat R., Simon V.M., Time estimation in minimally abstinent smokers, *Human Psychopharmacology*, **13**, 543 (1998).
32. Weiss E., Bilder R., Fleischhacker W., The effects of second-generation antipsychotics on cognitive functioning and psychosocial outcome in schizophrenia, *Psychopharmacology*, **162**, 11 (2002).
33. Halim N. D., Weickert C. S., McClintock B. W. et. al., Effects of chronic haloperidol and clozapine treatment on neurogenesis in the adult rat hippocampus, *Neuropsychopharmacology*, **29** (6), 1063 (2004).
34. Woodward N. D., Purdon S. E., Meltzer H. Y. et al. A meta-analysis of cognitive change with haloperidol in clinical trials of atypical antipsychotics: Dose effects and comparison to practice effects, *Schizophrenia Research*, **89**, 211 (2007).
35. Schultz W., Predictive reward signal of dopamine neurons, *J. Neurophysiol.*, **80** (1), 1 (1998).
36. Kolotilova O. I., Korenyuk I. I., Husainov D. R., Cheretaev I. V., Dofaminergicheskaya sistema mozga, *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, **4**, 97 (2014).
37. Hansen J. C., Hillyard S. A., The temporal dynamics of human auditory selective attention, *Psychophysiology*, **25** (3), 316 (1988).
38. Netto S. M., Silveira R., Coimbra N. C., Anxiogenic effect of median raphe nucleus lesion in stressed rats, *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*, **26** (6), 1135 (2002).
39. Goldman-Rakic P. S., Muly E. C., Williams G. V., D<sub>1</sub> receptors in prefrontal cells and circuits, *Brain Res. Rev.*, **31** (2), 295 (2000).
40. Malin D. I., Kozyrev V. V., Ravilov R. S., Ekstrapiramidnye pobochnye efekty neyroleptikov: klassifikatsiya i sovremennye sposoby korrektsii, *Psikhiatriya i psikhofarmakoterapiya*, **3** (6), 12 (2001).
41. Dovedova E. L., Voronkov D. N., Khudoerkov R. M., Kratkosrochnoe vozdeystvie galoperidola i rezerpina na obmen dofamina v nigrostriarnoy sisteme mozga krysa, *Byulleten eksperimental'noy biologii i meditsiny*, **8**, 151 (2010).

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского  
Биология, химия. Том 2 (68). 2016. № 1. С. 124–128.

**УДК 539.194**

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФРАГМЕНТА C<sub>1</sub>–ОН И ОСН<sub>3</sub>–ГРУППЫ НА ПРИВЕДЕННЫЙ МОМЕНТ ИНЕРЦИИ В МОЛЕКУЛАХ 2-МЕТОКСИФЕНОЛА

*Валиев Э. В., Шейх-Заде М. И.*

*ГБОУ ВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь,  
Республика Крым, Россия  
E-mail: envervaliyev@ukr.net*

Метод факторного анализа использован для оценки влияния геометрических параметров фрагмента C<sub>1</sub>–ОН и ОСН<sub>3</sub>–группы на величину приведенного момента инерции  $I_{пр}$  молекул *цис*-формы 2-метоксифенола. Получена математическая модель такого влияния в виде уравнения регрессии. Показано, что преимущественное влияние на  $I_{пр}$  оказывает геометрия волчка (ОН–группа), а влияние ОСН<sub>3</sub>–группы в *орто*-положении оказывается заметно менее существенным.

**Ключевые слова:** факторный анализ, уравнение регрессии, молекула, геометрические параметры, приведенный момент инерции.

### ВВЕДЕНИЕ

Данные ИК-спектров широко используются при нахождении вида потенциальной функции внутреннего вращения молекул [1]. При этом необходимо вычисление приведенного момента инерции  $I_{пр}$ , который является кинематической характеристикой внутреннего вращения молекулы. При таких расчетах часто применяется модель полужесткой молекулы, когда жесткий волчок соединен с жестким остовом. По смыслу величины  $I_{пр}$  несущественно какую группу считать волчком, а какую – остовом, но для расчетов целесообразно принимать в качестве волчка более легкую и простую по геометрии группу.  $I_{пр}$  можно рассчитать непосредственно из геометрических параметров молекулы по формулам, приведенным в [2] для молекул, обладающих определенными элементами симметрии. В этом случае важную роль играет достоверность данных по геометрии молекулы. Анализ литературных данных показывает, что геометрические параметры одной и той же молекулы, найденные разными методами или одним и тем же методом, несколько отличаются между собой. Использование данных различных авторов по геометрии одной и той же молекулы приводит к

неоднозначности в величине  $I_{\text{пр}}$  и, соответственно, к неоднозначности значений параметров потенциальной функции внутреннего вращения.

Целью данной работы было оценить, какие геометрические параметры фрагмента  $C_1-OH$  и  $OSCH_3$ -группы в молекуле 2-метоксифенола (2-МФ) оказывают преимущественное влияние на значение  $I_{\text{пр}}$  этой молекулы. В качестве объекта исследования выбран 2-МФ, так как полученные в данной работе результаты предполагается использовать в дальнейшем при определении вида потенциальной функции внутреннего вращения этой молекулы.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

ИК спектры растворов 2-МФ в  $CCl_4$  регистрировались на спектрофотометре Sperecord 75 IR. Условия регистрации выбирались так, чтобы свести к минимуму искажающее влияние прибора на спектры. Использовались кюветы с окнами из  $CaF_2$ . Толщина слоя раствора выбиралась так, чтобы свести к минимуму погрешность в определении оптической плотности в максимуме аналитической полосы. Регистрация спектров производилась при концентрациях 2-МФ порядка  $7 \cdot 10^{-3}$  моль/л, рис.1.

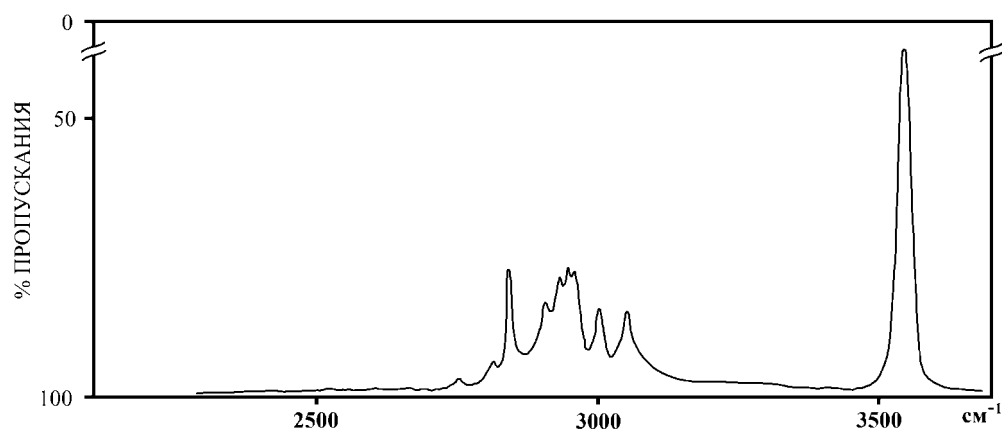


Рис. 1. Спектр раствора 2-МФ в  $CCl_4$ .  $C = 7 \cdot 10^{-3}$  моль/л.  $d = 3$  мм. Температура  $22^\circ C$ .

При таких концентрациях не наблюдается самоассоциации молекул 2-МФ. Одинокная полоса с волновым числом в максимуме  $3557 \text{ см}^{-1}$  принадлежит валентным колебаниям  $OH$ -группы, включенной во внутримолекулярную водородную связь с  $OSCH_3$ -группой.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения задачи, сформулированной в качестве цели данной работы, был использован метод факторного эксперимента [3], который позволяет получить математическую модель влияния геометрических параметров на значение  $I_{\text{пр}}$  в виде уравнения регрессии. В качестве параметров варьирования выбирались следующие

величины:  $\angle\alpha$  – угол между связью  $C_1 - O_1$  и осью  $z$ , проходящей через атомы  $C_1$  и  $C_4$ ,  $\angle C_1O_1H_7$ ,  $r(C_1 - O_1)$ ,  $r(O_1 - H_7)$ ,  $r(C_2 - O_2)$ ,  $\angle C_2O_2C_7$ ,  $r(O_2 - C_7)$ . Эти параметры варьирования имеют разные размерности, различные масштабы измерений и диапазон изменений. Это затрудняет как построение математической модели, так и сравнение влияния геометрических параметров на  $I_{np}$ . Поэтому в методе факторного эксперимента переходят к кодированным факторам, которые являются безразмерными и имеют единый масштаб измерения.

Введем обозначения:  $x_1 = \angle\alpha$ ,  $x_2 = \angle C_1O_1H_7$ ,  $x_3 = r(C_1 - O_1)$ ,  $x_4 = r(O_1 - H_7)$ ,  $x_5 = \angle C_2O_2C_7$ ,  $x_6 = r(C_2 - O_2)$ ,  $x_7 = r(O_2 - C_7)$ , которые и будут кодированными факторами, варьируемыми на двух уровнях. Нулевой уровень для каждого фактора выбирался таким образом, чтобы натуральное значение фактора на нулевом уровне равнялось значению этого фактора для равновесной конфигурации молекулы 2-МФ. Интервал варьирования каждого фактора выбран равным  $\pm 10\%$  от его значения на нулевом уровне. Введем также обозначение  $I_{np} = y$ .

Расчеты проводились для *цис*-формы 2-МФ. Геометрия равновесной конфигурации молекулы принималась как для фенола [4], расстояние  $r(C_2 - O_2)$  и геометрия  $OSN_3$ -группы принимались как для метанола [5]. Значения  $y$  находились по формулам, приведенным в [2] с использованием рабочей матрицы планирования в именованных значениях факторов.

В данной работе ограничились рассмотрением линейной модели влияния  $x_i$  на  $y$ , которая может быть представлена уравнением регрессии

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^7 b_i \cdot x_i$$

Для нахождения коэффициентов  $b_0, b_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 7$ ) была построена в кодированных факторах матрица планирования типа  $2^{7-4}$  (1/16 – реплика) с генерирующими соотношениями  $x_4 = -x_1 \cdot x_2$ ,  $x_5 = -x_1 \cdot x_3$ ,  $x_6 = -x_2 \cdot x_3$ ,  $x_7 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ . Такая матрица планирования позволяет получить совместные оценки коэффициентов регрессии

$$\begin{aligned} b_1' &= \beta_1 - \beta_{24} - \beta_{35} - \beta_{67}, & b_2' &= \beta_2 - \beta_{14} - \beta_{36} - \beta_{57}, \\ b_3' &= \beta_3 - \beta_{15} - \beta_{26} - \beta_{47}, & b_4' &= \beta_4 - \beta_{12} - \beta_{37} - \beta_{56}, \\ b_5' &= \beta_5 - \beta_{13} - \beta_{27} - \beta_{46}, & b_6' &= \beta_6 - \beta_{17} - \beta_{23} - \beta_{45}, \\ b_7' &= \beta_7 - \beta_{16} - \beta_{25} - \beta_{34} \end{aligned}$$

Для того, чтобы оценить линейные члены отдельно от парных взаимодействий, была реализована еще одна матрица планирования типа  $2^{7-4}$  (1/16 – реплика) с генерирующими соотношениями  $x_4 = x_1 \cdot x_2$ ,  $x_5 = x_1 \cdot x_3$ ,  $x_6 = x_2 \cdot x_3$ ,  $x_7 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$ . Такая матрица позволяет получить совместную оценку для коэффициентов  $b_i''$ , в которых все парные взаимодействия имеют знак плюс. Тогда отдельные оценки для линейных членов можно получить путем усреднения первой и второй системы оценок:  $b_i = (b_i' + b_i'')/2$ . Полученное таким образом уравнение регрессии для рассматриваемой задачи имеет вид:

$$\hat{y} = (7372,0 - 9,2 \cdot x_1 - 1088,0 \cdot x_2 + 9,5 \cdot x_3 + 1445,5 \cdot x_4 + 2,7 \cdot x_5 + 1,3 \cdot x_6 + 0,6 \cdot x_7) \cdot 10^{-4} \quad (1)$$

Оценку адекватности полученной модели проводили путем сравнения значений  $y$ , полученных по формулам, приведенным в [2], и значений  $\hat{y}$ , вычисленных по

уравнению (1). Среднее значение отклонений  $\hat{y}$  от  $y$  составляет  $\pm 3\%$ , что является вполне приемлемым для линейной модели.

Из уравнения (1) видно, что преимущественное влияние на  $y$  оказывают факторы  $x_2$  и  $x_4$ , т.е. геометрия волчка (ОН-группа), причем увеличение значений  $x_2$  приводит к уменьшению величины  $y$ , а увеличение значений  $x_4$  приводит к увеличению величины  $y$ . Влияние остальных факторов оказывается заметно менее существенным.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Получена математическая модель влияния геометрических параметров фрагмента  $C_1-OH$  и  $OCH_3$ -группы на значение  $I_{пр}$  молекул *цис*-формы 2-МФ.
2. Показано, что преимущественное влияние на  $I_{пр}$  молекул 2-МФ оказывает геометрия волчка (ОН-группа), а влияние  $OCH_3$ -группы в *орто*-положении оказывается заметно менее существенным.

### Список литературы

1. Орвилл-Томас У. Д. Внутреннее вращение молекул / У. Д. Орвилл-Томас, Ф. Д. Риддел, Ч. Ф. Смит и др. – М.: Мир, 1977. – 510 с.
2. Марголин Л. Н. Вычисление приведенных моментов инерции для внутреннего вращения в симметричных молекулах/ Л. Н. Марголин, Ю. А. Пентин, В. И. Тюмин // Опт. и спектр.– 1973. – Т. 35, № 5. – С. 824–827.
3. Тихомиров В. Б. Планирование и анализ эксперимента / В. Б. Тихомиров. – М.: – Легкая индустрия, 1974. – 264 с.
4. Larsen N. W. Microwave spectra of the six-mono- $^{13}C$ -substituted phenols and of some monodeuterated species of phenol. Completely substitution structure and absolute dipol moment / N. W. Larsen // J. Mol. Struct. – 1979. – Vol. 51, № 2. – P. 175–190.
5. Свердлов Л. М. Колебательные спектры многоатомных молекул / Л. М. Свердлов, М. А. Ковнер, Е. П. Крайнов. – М.: Наука, 1970. – 560 с.

### ESTIMATION OF INFLUENCE OF FRAGMENTS $C_1-OH$ AND $OCH_3$ -GROUPS GEOMETRIC PARAMETERS AT THE MOLECULE 2-METHOXYPHENOL REDUCED INERTIA MOMENT

*Valiev E. V., Sheikh-Zade M. I.*

*State Budget Educational Institution of Higher Education of the Republic of Crimea "Crimean Engineering and Pedagogical University", Simferopol, Russia  
E-mail: envervaliyev@ukr.net*

When finding the form of the internal rotation potential function of molecules according to their IR spectra it is necessary to calculate the reduced moment of inertia  $I_r$  molecules.  $I_r$  value can be calculated directly for molecules with certain elements of symmetry as described using the molecules geometric parameters. In this case, it becomes important authenticity and uniqueness of molecular geometry data.

The task of this study is estimation of which geometric parameters of C<sub>1</sub>–OH and OCH<sub>3</sub>–fragment groups in the molecule 2-methoxyphenol (2-MPh) have a preferential effect on this molecule  $I_r$ .

To solve this problem was used the method of factorial experiment, which allows to obtain a mathematical model of influence of geometrical parameters on  $I_r$  as a regression equation. The calculations were performed for the *cis*-form 2-MPh. In this study we considered only linear model of these parameters influence on the  $I_r$ . The resulting regression equation is as follows:

$$\hat{y} = (7372,0 - 9,2 \cdot x_1 - 1088,0 \cdot x_2 + 9,5 \cdot x_3 + 1445,5 \cdot x_4 + 2,7 \cdot x_5 + 1,3 \cdot x_6 + 0,6 \cdot x_7) \cdot 10^{-4}$$

where by  $x_1, x_2, \dots, x_7$  are designated  $\angle\alpha$  – the angle between the C<sub>1</sub>–O<sub>1</sub> bond and axis z, passing through atoms C<sub>1</sub> and C<sub>4</sub>,  $\angle C_1O_1H_7$ ,  $r(C_1 - O_1)$ ,  $r(O_1 - H_7)$ ,  $\angle C_2O_2C_7$ ,  $r(C_2 - O_2)$ ,  $r(O_2 - C_7)$ , respectively,  $y = I_r$ .

From this equation it follows that because of the considered factors to have a predominant influence by factors  $x_2$  and  $x_4$ , i.e. the geometry of the top (OH-group); the influence of other factors is much less significant.

**Keywords:** factor analysis, regression equation, the molecule, geometric parameters, the reduced moment of inertia.

### References

1. Orwill-Tomas U. D., Franklin D. Riddell, Smith C. F. et al., *The Internal Rotation of Molecules*, 510 p. (Mir, Moscow, 1977)
2. Margolin L. N., Pentin Yu. A., Tyumen V. I. Calculation of Reduced Inertia Moments for Internal Rotation in Symmetric Molecules, *Optics and Spectroscopy*, **35** (5), 824 (1973).
3. Tichomirov V. B. *Planing and Analysis of Experiment*, 264 p. (Legkaya Industria, Moscow, 1974).
4. Larsen N. W. Microwave spectra of the six-mono-<sup>13</sup>C-substituted phenols and of some monodeuterated species of phenol. Completely substitution structure and absolute dipol moment, *Mol. Struct.*, **51** (2), 175 (1979).
5. Sverdlov L. M., Kovner M. A., Kraynov E. P. *Vibrational spectra of polyatomic molecules*, 560 p. (Nauka, Moscow, 1970).



**УДК 553.635.1:666.913.2**

## **ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА**

*Гришковец В. И.<sup>1</sup>, Капора Л. Л.<sup>1</sup>, Яковишин Л. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия*

<sup>2</sup>*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия  
E-mail: vladgri@ukr.net*

Проведено тестирование широкого ряда органических кислот (монокарбоновых, дикарбоновых, оксикислот, ненасыщенных карбоновых кислот, ароматических карбоновых кислот, ароматических оксикислот) на их способность замедлить процесс отверждения гипса. Активность в отношении замедления процесса отверждения гипса показали лимонная и рацемическая яблочная кислоты. Изучено влияние рН среды на процесс отверждения в присутствии лимонной кислоты. Показано, что эффективность ингибирующего действия лимонной кислоты в два раза выше, чем яблочной. Установлено, что тризамещенная соль лимонной кислоты (рН~7) более активна, чем сама лимонная кислота, однако дальнейшее повышение рН до 12 ведет к снижению активности и снижению прочностных характеристик гипсовых отливок.

**Ключевые слова:** вяжущие материалы, гипс, органические кислоты, лимонная кислота, яблочная кислота.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Гипсовые вяжущие широко применяются в строительной и архитектурной областях [1–4]. Необходимость повышения качества гипсовой продукции, ее прочности, водостойкости, а так же улучшения условий ее формования и обработки ставит новые задачи по совершенствованию существующих технологий и по разработке новых добавок при получении гипсовых вяжущих, что способствует производству дешевых, безопасных, качественных и долговечных материалов [5].

Целью работы явилось изучение процесса отверждения гипса в присутствии различных модификаторов. Лимонная кислота представляет собой хорошо известный и широко используемый замедлитель отверждения гипса [6]. К настоящему времени значительно меньше информации имеется о влиянии других органических кислот и их солей на процессы отверждения гипса. Поэтому задачи исследования были следующие – тестирование широкого ряда органических кислот (монокарбоновых, дикарбоновых, оксикислот, непредельных карбоновых кислот, ароматических карбоновых кислот, ароматических оксикислот) на их способность замедлять отверждение гипса, изучение влияния величины рН среды на процесс отверждения в присутствии органических кислот и изучение прочностных характеристик гипса при использовании различных добавок.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе были использованы следующие вещества и реактивы: гипс строительный ( $\beta$ -полугидрат, марка Г-5), дистиллированная вода, кислоты: лимонная (о.с.ч.), D-винная (х.ч.), яблочная (рацемическая) (ч.), бензойная (ч.д.а.), орто-фталевая (ч.), терефталевая (ч.), салициловая (ч.), коричная (ч.д.а.), щавелевая (ч.), муравьиная (ч.), уксусная (х.ч.), малоновая (ч.), янтарная (ч.), азелаиновая (ч.), малеиновая (ч.д.а.), фумаровая (ч.д.а.), молочная (тех.).

В работе использовались 0,1, 0,05 и 0,025 М водные растворы кислот. Для отверждения гипса навески по 2 грамма тщательно перемешивались в течении 30 секунд в ступке (на 20 мл) с 1,3 мл дистиллированной воды или исследуемого раствора. Полученная масса выливалась на лавсановую подложку, и наблюдался процесс отверждения. Момент помутнения глянцевого поверхности гипсовой массы фиксировался как время начала схватывания. Время окончательного отверждения фиксировали по отсутствию механических деформаций образцов при надавливании стеклянной палочкой. Механические свойства образцов определялись на приборе для определения прочности гипса на изгиб и сжатие МИИ-100.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первым шагом работы явилось тестирование широкого ряда органических кислот на их способность замедлять отверждение гипсового теста. Так в концентрации 0,05 М (эффективная концентрация для лимонной кислоты) [6] были опробованы монокарбоновые кислоты: муравьиная и уксусная; дикарбоновые кислоты: щавелевая, малоновая, янтарная, азелаиновая; неопределенные дикарбоновые кислоты: малоновая и фумаровая; оксикислоты: молочная, рац-яблочная, D-винная, лимонная. Тестировался и ряд ароматических кислот: бензойная, орто- и пара-фталевые, а так же ароматическая оксикислота – салициловая и неопределенная карбоновая кислота с ароматическим ядром в боковой цепи – коричная. Вышеперечисленные кислоты за исключением лимонной и рацемической яблочной показали полное отсутствие способности замедлять отверждение гипса. Данные о структуре и эффекте действия приведены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы, активность в отношении замедления процесса отверждения гипса из протестированного ряда кислот проявили лишь лимонная и яблочная кислоты. Представляется несколько неожиданным, что D-винная кислота (в диапазоне концентраций 0,1–0,025 М) не показала никакой активности, тогда как в литературе сообщалось о ее замедляющем действии [6].

Таблица 1

Сравнительная качественная оценка активности замедляющего действия органических кислот (в концентрации 0,05 М) на процесс отверждения гипса

Кислота	Структурная формула	Наличие замедляющего действия, (+/-)
муравьиная	$\text{HCOOH}$	–
уксусная	$\text{CH}_3\text{-COOH}$	–
щавелевая	$\text{HOOC-COOH}$	–
малоновая	$\text{HOOC-CH-COOH}$	–
янтарная	$\text{HOOC-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$	–
азелаиновая	$\text{HOOC-(CH}_2\text{)}_7\text{-COOH}$	–
малеиновая	$\text{HOOC-CH=CH-COOH}$	–
фумаровая	$\text{HOOC-CH=CH-COOH}$	–
молочная	$\text{CH}_3\text{CH(OH)-COOH}$	–
<i>D</i> -винная	$\text{HOOC-CH(OH)-CH(OH)-COOH}$	–
<i>рац</i> -яблочная	$\text{HOOC-CH(OH)-CH}_2\text{-COOH}$	+
лимонная	$\text{HOOC-CH}_2\text{-C(OH)(COOH)-CH}_2\text{-COOH}$	+
бензойная	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$	–
салициловая	<i>o</i> - $\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}$	–
фталевая	<i>o</i> - $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$	–
терефталевая	<i>p</i> - $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$	–
коричная	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH=CH-COOH}$	–

Следующим этапом работы была сравнительная оценка эффективности действия рацемической яблочной и лимонной кислот. Влияние этих кислот на процесс отверждения гипса мы исследовали в двух концентрациях: 0,05 М и 0,025 М. Как показали результаты, представленные в таблице 2, время начала и окончания отверждения для лимонной кислоты примерно в 2 раза больше, чем для яблочной. Следовательно, эффективность лимонной кислоты как замедлителя в 2 раза выше, чем яблочной.

Таблица 2

Сравнительная активность лимонной и яблочной кислот в качестве замедлителей отверждения гипса

Замедлитель (концентрация, моль/л)	Время начала отверждения, мин.	Время окончания отверждения, мин.
–	5	20
Лимонная кислота (0,05 М)	45	140
<i>рац</i> -Яблочная кислота (0,05 М)	30	90
Лимонная кислота (0,025 М)	35	120
<i>рац</i> -Яблочная кислота (0,025 М)	15	70

Основываясь на этих результатах, дальше в работе исследовалась лимонная кислота, а именно влияние рН среды и концентрации кислоты. Влияние величины рН раствора изучалось следующим образом: брался исходный раствор лимонной кислоты (рН~2) и порционно подвергался нейтрализации бикарбонатом натрия до рН~7. Далее избыток карбоната натрия поднимал величину рН до 9, а гидроксид натрия до 12. Результаты этого эксперимента представлены в таблице 3 и на рисунке 1.

Таблица 3

**Влияние величины рН на время отверждения гипса**

рН	Время начала отверждения, мин.	Время окончания отверждения, мин.
2	40	130
7	120	260
9	25	70
12	15	40

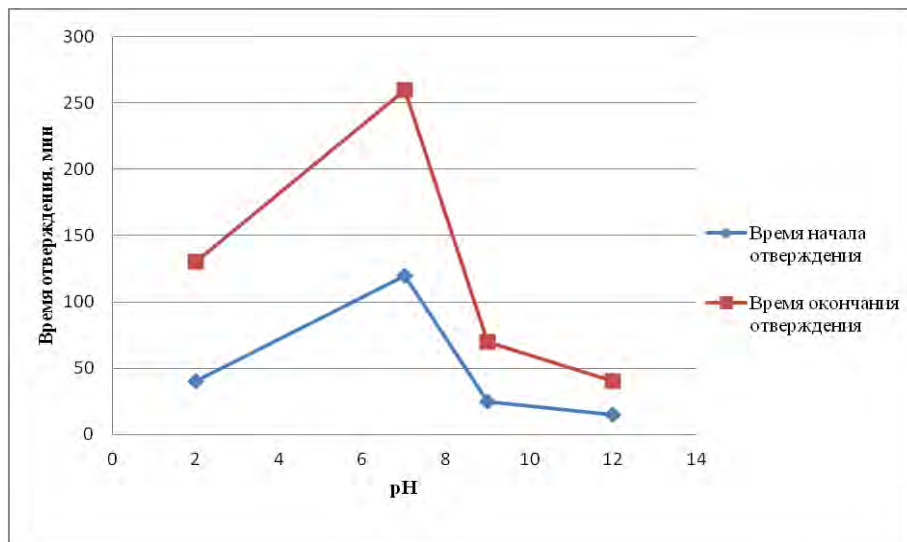


Рис. 1. Влияние величины рН на время отверждения гипса.

Из этого эксперимента стало понятно, что тризамещенная соль лимонной кислоты (рН~7) заметно активнее самой лимонной кислоты. Однако дальнейшее повышение значения рН до 12 привело к убыванию активности. Очевидно, это связано с наличием дополнительных электролитов, которые лишь ускоряют процесс отверждения гипса [6]. Кроме того, было замечено, что механическая прочность отвержденных в щелочных условиях образцов заметно ниже прочности образцов, в которых раствор-затворитель имел кислую или нейтральную реакцию среды.

Исходя из этих результатов стало понятно, что дальнейшее изучение солей лимонной кислоты представляет наибольший практический интерес.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведено исследование широкого ряда органических кислот и обнаружено, что способность замедлять отверждение гипса обладают рацемическая яблочная и лимонная кислоты, причем лимонная кислота вдвое активнее яблочной.
2. Изучено влияние pH и концентрации лимонной кислоты на замедление отверждения гипса и найдено, что наиболее эффективное действие достигается при значениях pH близких к нейтральным.

#### Список литературы

1. Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
2. Попов К. Н. Строительные материалы и изделия: учебник для вузов / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2005. – 438 с.
3. Пашенко А. А. Вяжущие материалы / А. А. Пашенко, В. П. Сербин, Е. А. Старчевская – Киев: Вища школа, 1985. – 440 с.
4. Байер В. Е. Архитектурное материаловедение / В. Е. Байер. – М.: Архитектура С, 2006. – 264 с.
5. Сулименко Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе: учебник для вузов / Л. М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 2005. – 334 с.
6. Пустовгар А. П. Замедлители схватывания для сухих строительных смесей на основе полуводного гипса / А. П. Пустовгар // Baltimix 2012, (Рязань, 21–23 августа 2012 г.): Тезисы докл. – С. 9–10.

#### EFFECT OF ORGANIC ACIDS ON THE PROCESS OF GYPSUM CURING

*Grishkovets V. I.<sup>1</sup>, Kapora L. L.<sup>1</sup>Yakovishin L. A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

<sup>2</sup>*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

*E-mail: vladgri@ukr.net*

The aim of the work was to study the curing process of the gypsum in the presence of various modifiers. The paper was held testing wide range of organic acids (monocarboxylic, dicarboxylic, hydroxy acids, unsaturated carboxylic acids, aromatic carboxylic acids, aromatic oxoacids) for their ability to slow down the curing plaster, studied the influence of the pH of the medium on the curing process in the presence of organic acids and strength characteristics of the plaster by using different additives.

Activity against slow curing process of gypsum from a wide number of acids tested showed only racemic malic and citric acid. Effectively inhibit the action of citric acid was two times higher than for malic acid.

It is shown that trisubstituted salt of citric acid (~ pH 7) very much active than citric acid. However, further increasing the pH to 12 led to a decrease in activity and a decrease in strength characteristics of plaster casts.

**Keywords:** binders, gypsum, organic acids, citric acid, malic acid.

### References

1. Butt Yu. M., Sychev M. M., Tamashev V. V., *Chemical technology of knitting materials: the textbook for high schools*, 472 p. (High school, Moscow, 1980). (In Russ.)
2. Popov K. N., Kaddo M. B., *Building materials and products: a textbook for high schools*, 438 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.)
3. Paschenko A. A., Serbin V. P., Starchevskaya E. A., *Cementing materials*, 440 p. (High school, Kiev, 1985). (In Russ.)
4. Bayer V. E., *Architectural Materials*, 264 p. (Architecture, Moscow, 2006). (In Russ.)
5. Sulimenko L. M., *The technology of mineral binding materials and products based on them: a textbook for high schools*, 334 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.)
6. Pustovgar A. P., Retarder for dry construction mixtures on the basis of plaster, Baltimix 2012, P. 9–10. (Ryazan, 21–23 August 2012). (In Russ.)

**УДК 537.867:543**

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОАКСИАЛЬНОГО РЕЗОНАТОРНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С УКРАЧИВАЮЩЕЙ ЕМКОСТЬЮ ДЛЯ ВЛАГОМЕТРИИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ БИООБЪЕКТОВ**

*Поletaев Д. А.*

*Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым  
Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: poletaevda@cfuv.ru*

В работе рассматривается конструкция коаксиального резонаторного измерительного преобразователя с укорачивающей емкостью, предназначенного для определения влагосодержания в биологических объектах. На основании численной модели определены оптимальные геометрические размеры, проведен анализ основных характеристик малоразмерных биообъектов.

**Ключевые слова:** биологические объекты, СВЧ резонатор, резонаторный измерительный преобразователь, апертура, характеристики преобразования.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время ближнеполевые СВЧ методы диагностики находят широкое применение в науке, технике и народном хозяйстве. Повсеместное использование аппаратуры, базирующейся на этих методах, обусловлено неразрушаемостью образца, отсутствием физического контакта, возможностью получения экспресс-данных при проведении исследований [1]. В наибольшей степени подобная аппаратура востребована в агропромышленных хозяйствах (измерители влажности), в различных областях науки и производства (микроволновая микроскопия), и в биологии (для исследования характеристик объектов) [1–3]. Неотъемлемой составляющей аппаратуры при использовании ближнеполевых СВЧ методов являются резонаторные измерительные преобразователи (РИП), конструкции и геометрия которых определяются областью использования. С учетом многообразия используемых сенсоров ниже рассматривается конструкция, которая нашла применение для исследований в биологии – РИП КИА (резонаторный измерительный преобразователь с коаксиальной измерительной апертурой).

Важной характеристикой жизнедеятельности биологических объектов и человека является наличие свободной воды в тканях и жидкостных средах [4]. Содержание свободной воды является объективным показателем состояния

жизнедеятельности организмов. Этот показатель является одной из наиболее тщательно поддерживаемых механизмами гомеостаза характеристик [4].

Определение влагосодержания СВЧ методами в биообъектах связано с рядом трудностей, в первую очередь, со сложностью решения задач СВЧ контроля малоразмерных объектов и обеспечением высокой чувствительности при высокой концентрации влаги. Кроме того, экспресс-контроль влагосодержания фактически требует внешнего, по отношению к датчику, расположения объекта и измерений в режиме реального масштаба времени.

Существует большое количество работ экспериментального и теоретического характера, посвященных исследованию применения резонаторных измерительных преобразователей для измерения влагосодержания в биообъектах [1, 3, 4]. Однако в этих работах не уделяется должного внимания оптимизации чувствительности датчика для осуществления многопараметрических исследований. Теоретическое обоснование выбора параметров РИП базируются на упрощенных моделях, позволяющих учитывать только колебательные потери в резонаторной системе. Современные прямые численные методы позволяют существенно уточнить модель РИП КИА, то есть учесть геометрию апертуры, расположение, размеры и другие характеристики исследуемого объекта и построить теоретические характеристики преобразования РИП КИА, связывающие информационные сигналы резонаторного измерительного преобразователя с электрофизическими параметрами исследуемого биообъекта [5].

Целью работы является выделение и анализ факторов, влияющих на чувствительность РИП КИА, применяемых для определения влагосодержания в биообъектах, построение характеристик преобразования и экспериментальная проверка результатов моделирования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На рис. 1 приведена конструкция рассматриваемого РИП КИА с прилегающим объектом.

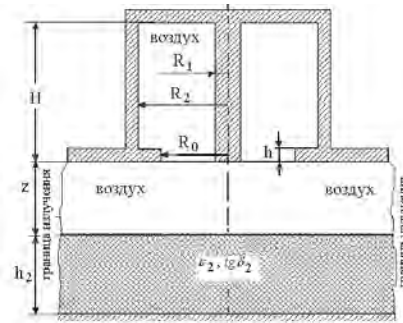


Рис. 1. Модель РИП КИА

Модель включает отрезок коаксиального волновода, образец толщиной  $h_2$  с электрофизическими параметрами  $\epsilon_2, tg \delta_2$ .



Для проведения практических измерений важно, чтобы электрофизические параметры образца оказывали как можно большее влияние на нагруженную добротность РИП. При этом нагруженная добротность не должна быть меньше 100 [6]. Из теории коаксиальных линий передач [7] известно, что минимальный коэффициент затухания в коаксиальной линии достигается при отношении радиусов:  $R_1 / R_2 = 0,28$ . Очевидно, максимальная добротность четвертьволнового резонатора будет также достигаться при данном отношении.

Максимум дисперсии для воды приходится на частоту около 10 ГГц [1]. Предварительный анализ позволяет выбрать геометрические размеры модели:  $H / \lambda = 1,25$ ;  $R_2 / \lambda = 0,17$ ;  $h / H = 5,6 \cdot 10^{-3}$ ;  $z = \infty$  (четвертьволновый резонатор нагружен на свободное пространство); проводимость стенок резонатора принята равной  $\sigma = 5,8 \cdot 10^6$  См/м (с целью учета влияния шероховатости стенок). Исследование влияния остальных геометрических размеров и параметров РИП и образца осуществлялось с помощью численной модели, в основе которой лежит метод конечных элементов, предусматривающий решение волновых уравнений с заданными краевыми условиями [8].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из общих физических представлений следует, что выбором радиуса  $R_0$  апертуры можно существенно изменять добротность резонаторного измерительного преобразователя. На рис. 2 приведены зависимости добротности и резонансной частоты РИП от величины  $R_0$ , рассчитанные при отсутствии объекта исследования.

Как видно из графиков на рис. 2, уменьшение  $R_0$  апертуры снижает потери на излучение в свободное пространство. Необходимость учета излучательных потерь наиболее явно демонстрируется на зависимости добротности от  $R_0$  апертуры (рис. 2а). Даже при малом размере  $R_0$  добротность при учете излучения и без учета отличаются почти в 2 раза. Требуется отметить, что добротность РИП уменьшается в 1,5 раза, по сравнению с РИП, в котором выдержано оптимальное соотношение радиусов. Данное снижение добротности приходится считать вынужденным, при проектировании РИП для исследования влагосодержания в биообъектах малых размеров (например, зерен пыльцы). Из графика на рис. 2б видно, что учет излучения практически не влияет на резонансную частоту.

На рис. 3 приведены зависимости добротности и резонансной частоты РИП от продольного размера апертурно-формирующей части коаксиала  $h$ , при разных значениях величины  $R_0$ .

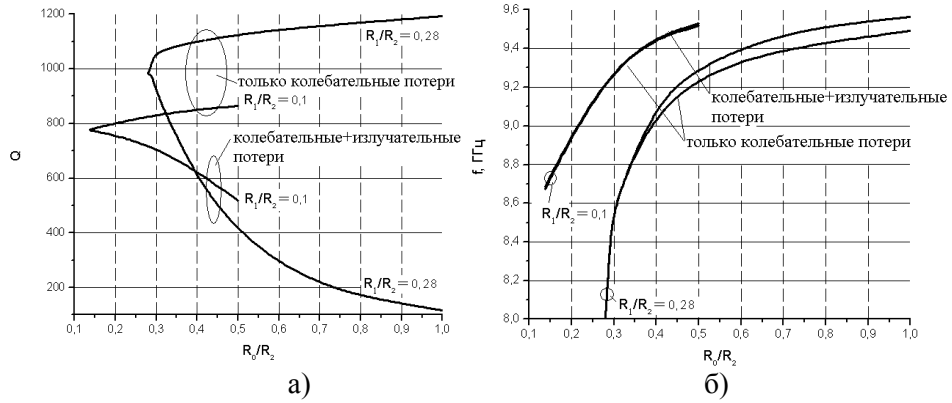


Рис. 2. Зависимость а) добротности и б) частоты от величины  $R_0$

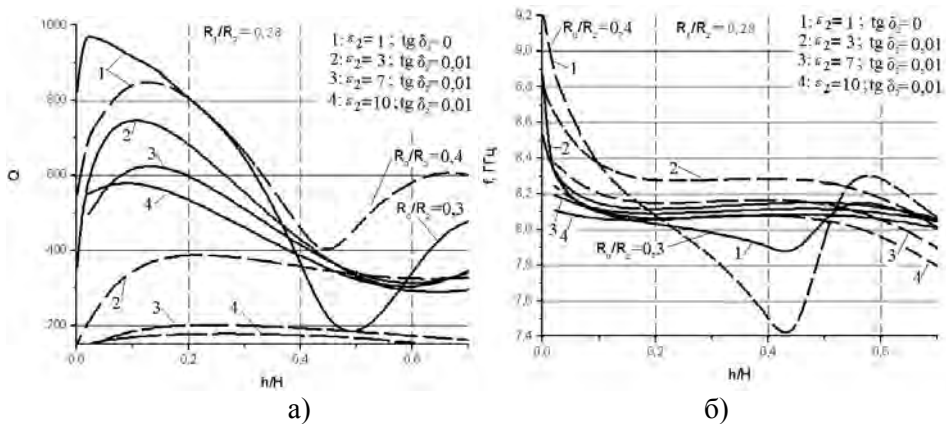


Рис. 3. Зависимость а) добротности, б) резонансной частоты от размеров апертуры

Характер изменения добротности (рис. 3а) носит резонансный характер. Более острый резонансный пик соответствует меньшему  $R_0$ , что согласуется с общими физическими представлениями. Уменьшение резонансной частоты (рис. 3б) обуславливается ростом емкости апертуры, при увеличении ее продольного размера апертурно-формирующей части коаксиала.

Как видно из графика (рис. 3а) добротность РИП при исследовании образца с параметрами  $\epsilon_2 = 3$ ;  $\text{tg} \delta_2 = 0,01$  остается довольно высокой даже при раскрывах апертуры  $R_0/R_2 > 0,3$ . Отчетливо видно значительное изменение добротности с образцом, при  $h/H \approx 0,4$  (что соответствует  $h/\lambda = 0,5$ ), относительно добротности, рассчитанной при нагрузке на свободное пространство (рис. 3а). Данный факт согласуется с физическими представлениями и свидетельствует об адекватности численной модели. Вместе с тем, даже при  $h/H \approx 0,4$ , изменение добротности РИП в 2 раза меньше, чем при  $h \rightarrow 0$ . Это связано со значительным провисанием поля из

апертуры. Из графика на рис. 3, а следует весьма важный вывод: наибольшее изменение добротности обеспечивается при  $h/H < 0,05$ .

Влагосодержание в биообъектах характеризуется диапазоном изменения  $\varepsilon$  от 3 до 10 и  $\text{tg}\delta$  от 0,01 до 0,4 [1]. Таким образом, численные исследования целесообразно проводить в данном диапазоне изменения электрофизических параметров исследуемого образца.

Расчеты проведены для модели с параметрами:  $H/\lambda = 1,25$ ;  $R_2/\lambda = 0,17$ ;  $z = 0$ ;  $h_{21} = 0$ ;  $h_2/\lambda = 0,14$ ;  $h/H = 0,01$ ; проводимость стенок  $\sigma = 5,8 \cdot 10^6$  См/м;  $\lambda = 3$  см, при изменении величины апертуры  $R_0/R_2$  от 0,29 до 1, для образцов, параметры которых изменяются в указанных выше пределах. Графики зависимости добротности и чувствительности РИП от величины  $R_0$  апертуры приведены на рис. 4. Чувствительность вычислялась исходя из изменения тангенса угла диэлектрических потерь  $\text{dtg}\delta_2 = 0,01$ , при значении  $\text{tg}\delta_2 = 0,01$  и постоянной относительной диэлектрической проницаемости.

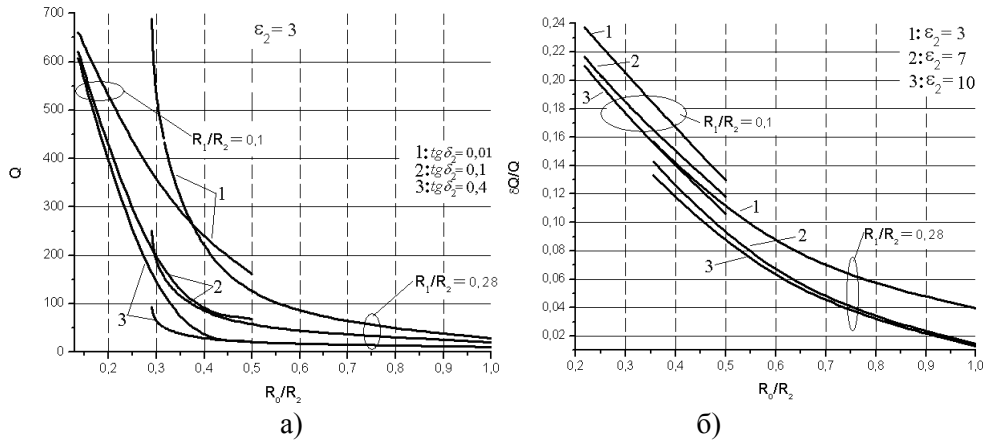


Рис. 4. Зависимость а)  $Q$  и б)  $\delta Q/Q$  от величины апертуры и параметров образца.

Добротность РИП (рис. 4а) в большей степени зависит от величины апертуры, которая определяет величину излучательных потерь. Чувствительность датчика (рис. 4, б) увеличивается при уменьшении  $R_0/R_2$ .

На рис. 5 представлены зависимости резонансной частоты и изменения резонансной частоты при вариации величины апертуры  $R_0/R_2$ .

Как видно из графиков (рис. 4 и рис. 5), добротность при наличии объекта, удобная в метрологическом отношении [6], достигается в узком диапазоне значений  $R_0$ . При этом чувствительность к образцам с высокой диэлектрической проницаемостью оказывается недостаточной. Поэтому оптимизировать такой резонаторный измерительный преобразователь следует отдельно для объектов с низким и высоким значением диэлектрической проницаемости.

Из графиков (рис. 6) видно, что большее значение относительной диэлектрической проницаемости образца увеличивает значение добротности системы, вследствие “запирания” энергии внутри резонатора.

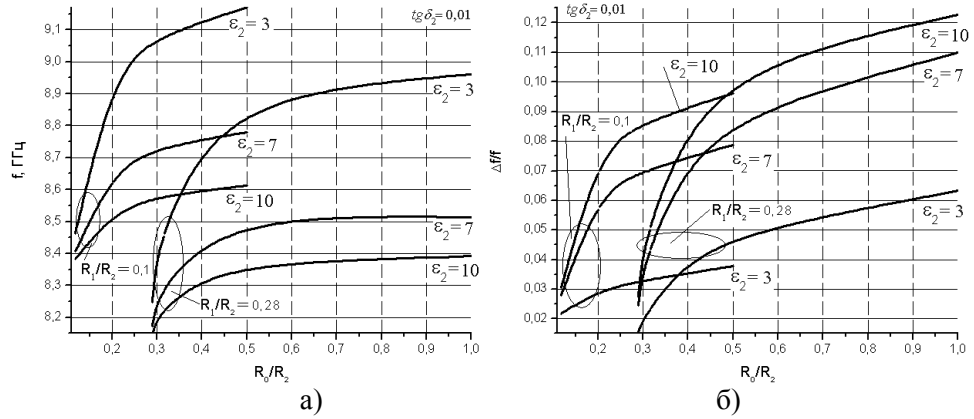


Рис. 5. Зависимость а)  $f$  и б)  $\Delta f/f$  от величины апертуры и параметров образца

На рис. 6 и рис. 7 приведены рассчитанные характеристики преобразования РИП КИА с различными геометрическими размерами апертуры.

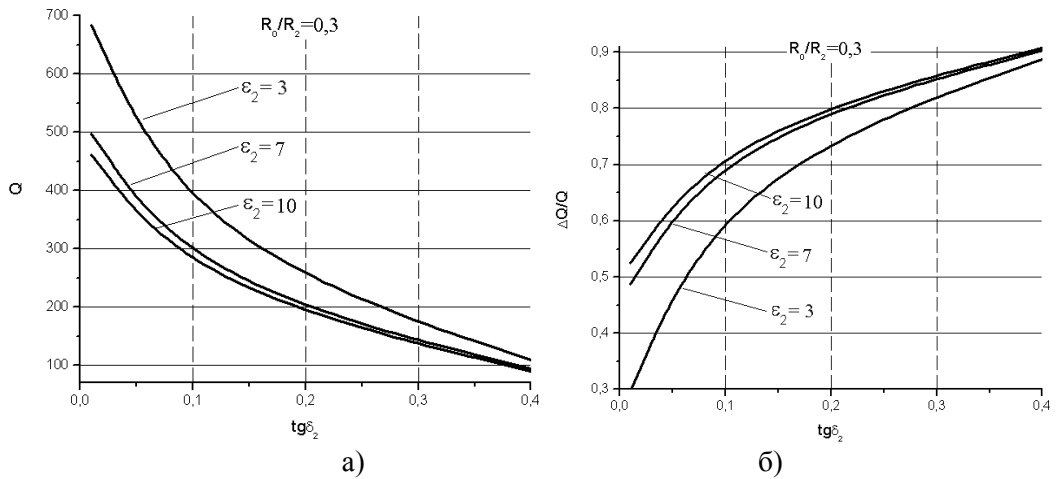


Рис. 6. Зависимость а)  $Q$  и б)  $\Delta Q/Q$  от параметров образца

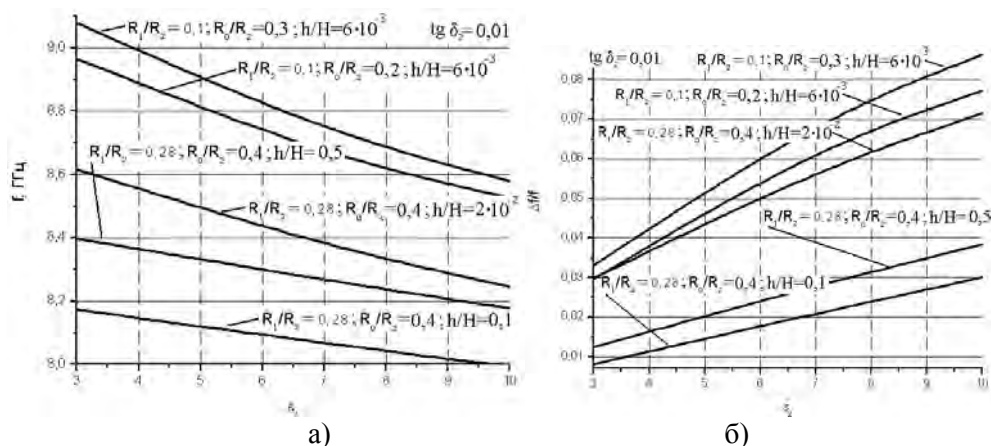


Рис. 7. Зависимость а)  $f$  и б)  $\Delta f / f$  от параметров образца

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что при численном моделировании характеристик резонаторных измерительных преобразователей с коаксиальной апертурой необходимо учитывать потери на излучение.
2. Исследовано влияние величины воздушного зазора на информационные сигналы, построены характеристики преобразования РИП КИА.
3. Установлены количественные особенности влияния геометрии апертуры на добротность в широком диапазоне изменения электрофизических параметров малоразмерных биообъектов объектов.
4. Определены основные направления оптимизации чувствительности резонаторных измерительных преобразователей.

*Статья подготовлена в рамках выполнения научного проекта в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности "Разработка информационно-методического обеспечения постоянно обновляемой диагностической модели устойчивого ноосферного развития Крымского региона", выполняемого Научно-образовательным центром ноосферологии и устойчивого ноосферного развития ФГАУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского (№ гос. регистрации: 115052150083).*

### Список литературы

1. Chen L. F. Microwave electronics measurement and materials characterization / L. F. Chen, C. K. Ong, C. P. Neo. – John Wiley & Sons Ltd, Southern Gate, 2004. – 537 p.
2. Лисовский В. В. Теория и практика сверхвысокочастотного контроля влажности сельскохозяйственных материалов / В. В. Лисовский – УОБГАТУ, Минск, 2005. – 292 с.
3. Xu D. Measurement of the dielectric properties of biological substances using an improved open-ended coaxial line resonator method / D. Xu, L. Liu, Z. Jiang // Microwave theory and techniques. – 1987. – Vol. 35. – № 12. – P. 1424–1428.

4. Кузнецов А. Н. КВЧ диэлектрометрия биологических жидкостей в условиях нарушенного водного обмена / А. Н. Кузнецов, И. И. Турковский, И. А. Волкова // Биофизика. – 2001. – Т. 45, № 6. – С. 1122–1126.
5. Гордиенко Ю. Е. Вклад колебательных и излучательных потерь в характеристики СВЧ преобразователей с коаксиальной измерительной апертурой / Ю. Е. Гордиенко, Ю. И. Гуд, Д. А. Поletaев // Радиотехника. – 2009. – № 157. – С. 108–114.
6. Брандт А. А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах / А.А. Брандт. – Изд-во физ.-мат. литературы, М., 1963. – 403 с.
7. Кураев А. А. Электродинамика и распространение радиоволн / А. А. Кураев, Т. Л. Попкова, А. К. Синицын. – Из-во Бестпринт, Минск, 2004. – 358 с.
8. Григорьев А. Д. Электродинамика и техника СВЧ / А. Д. Григорьев. – Из-во Высш. шк., М., 1990. – 335 с.

## **USING A COAXIAL RESONATOR MEASURING CONVERTERS WITH SHORTENED CAPACITIES FOR MOISTURE METERING SMALL BIOOBJECTS**

*Poletaev D. A.*

*Physics and Technology Institute of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea  
Research and Education Centre for Noospherology and Sustainable Development of V.I. Vernadsky  
Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: poletaevda@cfuv.ru*

Currently, near-field microwave diagnostic methods are widely used in science, technology. The widespread use of the equipment, based on these methods, due to the indestructibility of the sample, the lack of physical contact, the possibility of obtaining the express data in research. In most such equipment is demanded in agriculture (moisture meters), in various areas of science and industry (microwave microscopy) and in biology (for the study of the characteristics of the objects).

The aim of the work is to identify and analyze the factors influencing the sensitivity of the measuring converters that used to determine the moisture content in biological objects, building characteristics conversion, and experimental verification of the simulation results.

The calculations show that during the theoretical description of the characteristics of the resonator measuring converters with a coaxial aperture in the study of dielectrics with low losses is necessary to consider the radiation losses. Investigations of the influence of the air gap in the information signals, built conversion characteristics. Quantitative characteristics influence the geometry of the aperture on the quality factor in a wide range of electro-physical parameters of small biological objects objects, allowing to identify the main directions of optimization of the sensitivity of the resonator measuring transducers.

**Keywords:** biological object, microwave resonator, resonator measuring converter, aperture, conversion characteristics.

### References

1. Chen L. F., Ong S. K., Neo S. R., *Microwave electronics measurement and materials characterization*, 537 p. ("John Wiley & Sons Ltd", Southern Gate, 2004).
2. Lisowski V. V., *Theory and practice of microwave moisture control of agricultural materials*, 292 p. ("UOBGATU", Minsk, 2005) (in Russ.).
3. Xu D., Liu L., Jiang Z., Measurement of the dielectric properties of biological substances using an improved open-ended coaxial line resonator method, *Microwave theory and techniques*, **35**, 12 (1987).
4. Kuznetsov A. N., Turka I. I., Volkova I. A., EHF dielectrometry biological fluids in a disturbed water metabolism, *Biophysics*, **45**, 6 (2001) (in Russ.).
5. Gordienko J. E., Good Y. I., Poletaev D. A., The contribution of the vibrational and radiative loss characteristics of microwave transmitters with coaxial measuring aperture, *Radio engineering*, **157**, 108 (2009) (in Russ.).
6. Brandt A. A., *Investigation of dielectrics at microwave frequencies*, 403 p. ("Sci. Literature, Moscow", 1963) (in Russ.).
7. Kuraev A. A., Popkov T. L., Sinitsyn A. K., *Electrodynamics and propagation*, 358 p. ("Bestprint", Minsk, 2004) (in Russ.).
8. Grigoriev A. D. *Electrodynamics and VHF*, 335 p. ("High School", Moscow, 1990) (in Russ.).

**УДК 621.357.12+541.49**

## **ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С ВОДОРОДОМ В ДВОЙНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ СЛОЕ НА ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА**

*Федоренко А. М.<sup>1</sup>, Федоренко Л. П.<sup>1</sup>, Повстяной В. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*  
<sup>2</sup>*Херсонский национальный технический университет, Херсон, Украина*  
*E-mail: fedoram37@gmail.com*

Рассмотрены лимитирующие стадии электролиза. Проведен анализ удельного электрического сопротивления  $pd^z$ -металлов и их перенапряжения выделения водорода в растворах с  $pH < 7,0$ . При этом между ними установлена функциональная зависимость, которая позволяет утверждать наличие процесса комплексообразования форм водорода ( $H^0$ ,  $H^-$ ) с металлами, имеющими большую энергию адсорбции. Установлено, что элементы, имеющие конфигурацию  $pd^{10}$ , не участвуют в процессах комплексообразования из-за отсутствия свободных  $d$ -орбиталей, следовательно, имеют повышенное перенапряжение выделения водорода.

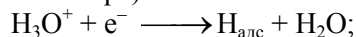
**Ключевые слова:** комплексообразование, гидрид-ион,  $pd^z$ -элементы, перенапряжение, электролиз, рекомбинация водорода, двойной электрический слой, удельное сопротивление металлов, выход по току..

### **ВВЕДЕНИЕ**

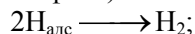
До настоящего времени актуальными вопросами современных производств являются снижение затрат электроэнергии при использовании электролиза и повышение его эффективности. В качестве примера предлагается рассмотреть синтез неорганического восстановителя путем электрохимического восстановления  $TiO^{2+}$  в сернокислотных технологических растворах производства пигментного диоксида титана. При восстановлении  $Ti^{4+}$  в титанил-ионе образуется сильный восстановитель  $Ti^{3+}$ , который используется в качестве блокиратора окисления  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$  в технологических многокомпонентных растворах.

Для достижения поставленной цели был проведен систематический анализ стадий рекомбинации водорода в двойном электрическом слое (ДЭС) по теориям Г. Гельмгольца, Б. Гуи, Д. Чапмена, Т. Эрдей-Груза, А.Н. Фрумкина, В. Штерна, Г. Грэма [1–5]. При этом были учтены следующие лимитирующие стадии:

– стадия разряда (стадия М. Фольмера)

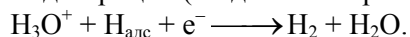


– стадия рекомбинации (стадия Ю. Тафеля)





– стадия электрохимической десорбции (стадия Я. Гейровского)



При анализе перечисленных теорий, описывающих строение двойного электрического слоя, четко обнаруживается их неполнота, а лишь общие представления об особенностях структуры катодной поверхности и специфического адсорбционного слоя. В наименьшей степени также это касается состава материалов электродов, переноса электрона от электрода к акцептору. Отсутствуют механизмы переноса электрона от электрода в растворимую фазу электролита, не описаны факторы, влияющие на перенапряжение выделения водорода и роль адсорбирующих компонентов на электродах [6].

Поэтому целью настоящих исследований являются определения основных факторов, влияющих на перенапряжения выделения водорода при электролизе с выявлением лучших материалов для изготовления катодов. Решение этих вопросов позволит повысить выход по току процессов синтеза активных восстановителей, применяемых в технологии производства пигментного диоксида титана.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения достоверных результатов при выполнении эксперимента использована электроизмерительная аппаратура: приборы комбинированные Щ300 и Щ301-2, источники постоянного тока Б5-47, СНП-40. Исследовано электролитическое выделение водорода на металлических электродах и определено перенапряжения выделения водорода. При этом были использованы стационарные поляризационные кривые, полученные на потенциостате ПИ-50-1.1 с программатором ПР-8 в термостатируемой ячейке ЯСЕ-2. Зависимости тока от потенциала регистрировали с помощью двухкоординатного самописца ПДА-1. Рабочий электрод представлял собой сетку из латунной проволоки (диаметр 0,4 мм; размер ячейки 1,0x1,0 мм), сетку из полиметаллической (нержавеющей) стальной проволоки (диаметр 0,3 мм; размер ячейки 1,0x1,0 мм). Состав сетки, %: хром – 17–19; никель – 9–11; марганец – 2,0; кремний – 0,8; титан – 06–08; медь – 0,3; фосфор – 0,035; сера – 0,02. Указанные сетки были частично покрыты кислотостойким лаком КС-19, для поддержания постоянной поверхности контакта с раствором кислоты. Материал рабочего электрода перед поляризацией обезжиривали, выдерживали в растворах активации поверхности металла (латунную сетку в растворе для подготовки меди и сплавов из смеси азотной, ортофосфорной и уксусной кислот, нержавеющую сетку в растворе азотной кислоты) затем промывали дистиллированной водой.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании исследований установлена четкая функциональная зависимость перенапряжения выделения водорода от степени заполнения  $nd$ -подуровня электронами (где  $n = 3, 4, 5$ ) и удельным электрическим сопротивлением переходных металлов (рис. 1–3). Зависимость удельного электрического сопротивления металла ( $\rho$ ) от количества электронов на орбитали представляется

кривой с отрицательным угловым коэффициентом (рис. 1(а), которая описывается многочленом следующего вида:

$$F_{3d} = (7,27 \pm 0,51) \cdot 10^{-3} - (1,57 \pm 0,21) \cdot 10^{-3} \cdot x + (8,93 \pm 1,82) \cdot 10^{-5} \cdot x^2.$$

При этом следует обратить внимание на рис. 1(б), где представлена зависимость перенапряжения выделения водорода ( $\eta$ ) от степени заполнения электронами nd – орбиталей (по Васько А.Т. [7] указана зависимость от порядкового номера элемента). В данном случае наблюдается аналогичное понижение значений перенапряжения выделения водорода до минимума, который приходится на элемент Ni ( $3d^8 4s^2$ ), как и в случае на рис 1(а). Однако на рис. 1(б) обнаруживается после элемента Ni резкое повышение перенапряжения выделения водорода у Cu ( $3d^{10} s^1$ ) (Zn ( $3d^{10} s^2$ )). Объясняется это невозможностью комплексообразования металлов конфигурации атома  $nd^{10}$  с соединениями водорода ( $H^0$ ,  $H^-$ ,  $H_2^-$ ) [8].

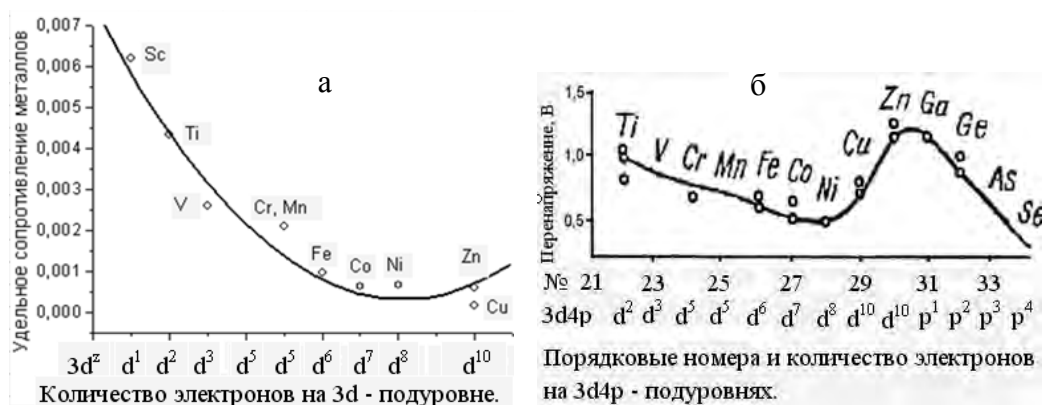


Рис. 1. а) Зависимость удельного электрического сопротивления металлов  $3d^z$  – подуровня от количества электронов на d – орбитали; б) зависимость перенапряжения выделения водорода от распределения электронов по подуровням порядкового номера элемента [7].

Процесс комплексообразования не осуществляется, если не возможны взаимодействия nd – металлов с соединениями водорода, т.е. при отсутствии у металлов свободных орбиталей или орбиталей с неспаренными электронами. Такие свойства обусловлены отсутствием хемосорбции водорода на металлах, которые имеют конфигурацию  $nd^{10}$  и малую энергию адсорбции водорода (Zn, Cd, Hg и др.).

При анализе графиков, представленных на рис 1(а) и 1(б) легко обнаруживается сходство направления кривых на отрезках Ti – Ni, т. е. у элементов с конфигурацией  $3d^z$ , где  $z < 10$ . Для подтверждения обнаруженной зависимости был проведен дополнительно анализ металлов с конфигурацией  $4d^z$  и  $5d^z$ , представленных на рис. 2(а) и 2(б) и 3(а) и 3(б). Обнаружена зависимости удельного электрического сопротивления металлов  $4d^z$  путем построения графика и определения полинома:

$$F_{4d} = (7,79 \pm 1,06) \cdot 10^{-5} + (-2,10 \pm 0,36) \cdot 10^{-5} x + (1,45 \pm 0,32) \cdot 10^{-6} x^2$$

На рис. 2(а) и 2(б) не менее четко выражена функциональная зависимость между  $\rho$  и  $\eta$ , где минимумы кривых приходятся на элементы Rh ( $4d^8 5s^1$ ) и Pd ( $4d^{10} 5s^0$ ). Отклонение для палладия объясняется осцилляцией электронов с  $d^{10}$  на  $5s^0$ , что подтверждается с помощью резонансного интеграла. При этом возникают состояния свободных d-орбиталей для взаимодействия с формами водорода  $H^0$ ,  $H^-$ ,  $H_2^-$ .

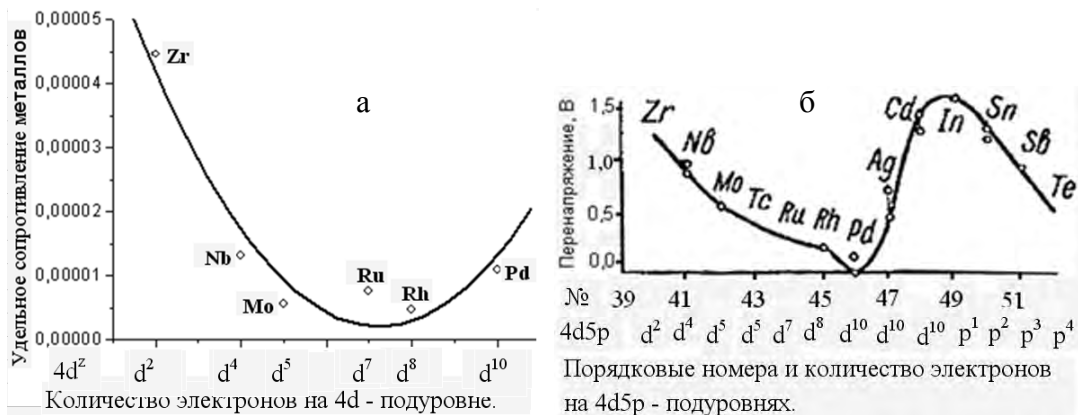


Рис. 2. а) Зависимость удельного электрического сопротивления металлов  $4d^2$  – подуровня от количества электронов на d-орбитали; б) зависимость перенапряжения выделения водорода от распределения электронов по подуровням (порядкового номера элемента [7]).

Рассмотренные закономерности также подтверждены исследованиями  $5d^2$  – подуровня, результаты анализа представлены на рис. 3(а) и (б), функции:

$$F_{5d} = (6,27 \pm 5,17) \cdot 10^{-5} + (-2,12 \pm 1,88) \cdot 10^{-5} \cdot x + (2,02 \pm 1,47) \cdot 10^{-6} \cdot x^2$$

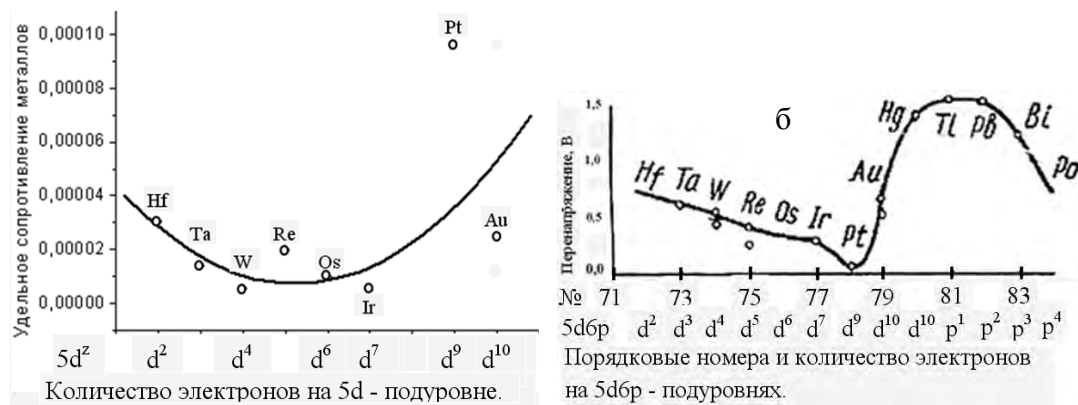


Рис. 3. а) Зависимость удельного электрического сопротивления металлов  $5d^2$  – подуровня от количества электронов на d – орбитали; б) зависимость

перенапряжения выделения водорода от распределения электронов по подуровням (порядкового номера элемента, [7]).

Таким образом, важным фактором влияния на перенапряжение выделения водорода для переходных металлов является их отношение к адсорбции водорода и степени комплексообразования его с *nd*-металлами. Это четко проявляется у металлов с повышенным удельным электрическим сопротивлением, таких как Pd, Pt. Для более полного подтверждения этих выводов проведены исследования, которые представлены в таблице.

Таблица

Свойства сплавов *d*-металлов

Наименование материала катода	Конфигурация атома	$\rho \cdot 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{см}$	Комплексообразующая способность к водороду
Латунь, %: Cu – 85; Zn – 15.	Cu – $3d^{10}4s^1$ ; Zn – $3d^{10}4s^2$	4,65	Не проявляется Не проявляется
Нержавеющая сталь, %: Cr – 18; Ni – 8.	Cr – $3d^54s^1$ ; Ni – $3d^84s^2$	70 ... 75	Cr – проявляется Ni – проявляется

Из таблицы следует, что лучшим сплавом для электродов должен быть сплав с  $\rho = 4,65 \cdot 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ , а именно латунь, нежели нержавеющая сталь с  $\rho = 70 \dots 75 \cdot 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ , однако элементы латуни имеют малую энергию адсорбции водорода, а компоненты стали – наоборот, что существенно сказалось на понижении перенапряжения выделения водорода (рис. 4).



Рис. 4. Зависимость логарифма плотности силы тока от перенапряжения для электродов из латуни и нержавеющей стали в растворе  $1,0 \text{ моль/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$  при температуре  $15^\circ\text{C}$  и  $50^\circ\text{C}$ .

Таким образом, нержавеющая сталь состава: хром – 17–19; никель – 9–11; марганец – 2,0; кремний – 0,8; титан – 0,6 – 0,8; медь – 0,3; фосфор – 0,035; сера – 0,02, при высоком удельном электрическом сопротивлении ( $\rho = 70 \dots 75 \cdot 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ ) по сравнению с латунью имеет значительно меньшее перенапряжение по водороду. Объясняется это высокой энергией адсорбции к водороду металлов, входящих в полиметаллическую сталь: Cr, Ni, Mn, Ti.

Следует обратить внимание на результаты исследований Васько А.Т. [7], где использованы значения порядковых номеров элементов и перенапряжения выделения водорода (рис. 1(б)–3(б)), между ними какой-либо функциональной зависимости нет, а лишь указана периодичность свойств в подуровнях.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлена прямая функциональная зависимость между удельным электрическим сопротивлением  $pd^2$ -металлов и перенапряжением выделения водорода, а также зависимость металлов от степени их комплексобразования с частицами  $H^0$ ,  $H^-$  и др.
2. Установлено, что для изготовления катодов необходимо использовать сплавы, содержащие металлы с большой энергией адсорбции к водороду, т.е. наличием вакантных d-орбиталей.
3. Полученные результаты исследований будут использованы в технологии электрохимического восстановления ионов металлов в растворах с  $pH < 7,0$ .

#### Список литературы

1. Левин А. И. Теоретические основы электрохимии. / Левин А. И. – М.: Металлургия, 1972. – 544 с.
2. Дамаскин Б. Б. Электрохимия. / Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Цирлина Г. А. – М.: Химия, КолосС, 2006. – 672 с.
3. Скорчиллетти В. В. Теоретическая электрохимия. / Скорчиллетти В. В. – Л.: Химия, 1974. – 567 с.
4. Антропов Л. И. Теоретическая электрохимия. / Антропов Л. И. – К.: Лыбидь, 1993. – 544 с.
5. Дикусар А. И. Основы электрохимии и электрохимических технологий. Учеб. пособие / А. И. Дикусар, Ж. И. Бабанова., С. П. Ющенко – Тирасполь : Изд-во ун-та, 2005. – 187 с.
6. Федоренко А. А. Ниобиевый катод для электрохимического синтеза титана(III) сульфата в технологии титана(IV) оксида / А. А. Федоренко, В. С. Кублановский, Е. Д. Першина, А. М. Федоренко // Вестник НТУ «ХПИ». – 2014. – № 28 (1071). – С. 163–170.
7. Васько А. Т. Электрохимия вольфрама. / Васько А. Т. – К.: Техника, 1969. – 163 с.
8. Федоренко А. А. Электрохимический синтез титана(III) сульфата в технологии производства титана(IV) оксида: дис. кандидата техн. наук: 05.17.03 / Федоренко Андрей Александрович. – Харьков, 2015. – 183 с.
9. Якименко Л. М. Электродные материалы в прикладной электрохимии. / Якименко Л. М. – М.: Химия, 1977. – 264 с.

#### INFLUENCE OF THE PROCESS COMPLEXATION OF TRANSITION METALS WITH HYDROGEN IN THE ELECTRIC DOUBLE LAYER ON OVERVOLTAGE OF HYDROGEN

*Fedorenko A. M.<sup>1</sup>, Fedorenko L. P.<sup>1</sup>, Povstyanoy V. M.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Sevastopol State University, Sevastopol, Crimea, Russian Federation*

<sup>2</sup>*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*

*E-mail: povst@inbox.ru*

The purpose of this research is the improvement of the technology of the electrochemical reduction of  $Fe^{3+}$  ions to  $Fe^{2+}$  and  $Ti^{4+}$  to  $Ti^{3+}$  in the technological

solutions of production of pigment titanium dioxide and crystalline titanium sulfate(III) (active reductant) with minimal power costs. Special attention is paid to the identification of factors influencing the hydrogen evolution overpotential to nd-metals with the aim of making them effective cathode, with maximum output current, low cost and high stability in sulfuric acid solutions.

Considered limiting electrolysis in order to fulfill the practical tasks of the electrochemical reduction of titanium(IV) to (III) (a strong reducing agent) . Analysis electrical resistivity nd<sup>z</sup>-metals (n = 3–5) and hydrogen evolution overvoltage in solutions with a pH<7. At the same time, between the functional dependence, suggests that an important role in reducing the overvoltage of hydrogen is the process of chelation hydrogen compounds (H<sup>0</sup>, H<sup>-</sup>) with a metal having a high energy absorption. It is found that elements having the configuration nd<sup>10</sup> not participate in the processes of complexation , due to the absence of free d-orbitals therefore have a low energy hydrogen adsorption, hence are metals with high hydrogen evolution overpotential. It is found that the best materials for cathodes used in acidic media to be applied nd- metal alloys with empty d- orbitals. It is necessary to take into account the cost of metals, especially 5d<sup>z</sup> and 6d<sup>z</sup>. Based on studies, we recommended to use in sulfuric acid solutions of metal alloys 3d<sup>z</sup>-sublevels : Cr, Mn, Fe, Co, Ni. From 4d<sup>z</sup> it proposed to use metal polycrystalline steel (stainless).

**Keywords:** complexation, hydride ion, nd<sup>z</sup>-elements, overvoltage, electrolysis, hydrogen recombination, electrical double layer, the resistivity of metals, the current efficiency.

#### References

1. Levin A. I., *Theoretical Foundations of Electrochemistry*, 544 p. (Metalurgiya, Moscow, 1972) (in Russ.)
2. Damaskin B. B., Petriy O. A., Tsirlina G. A., *Electrochemistry*, 672 p. (Himiya, Moscow, 2006) (in Russ.)
3. Skorshilletti V. V. *Theoretical electrochemistry*, 567 p. (Himiya, Moscow, 1974) (in Russ.)
4. Antropov L. I. *Theoretical electrochemistry*, 544 p. (Lybid', Kyiv, 1993) (in Russ.)
5. Dikumar A. I. *Fundamentals of electrochemistry and electrochemical technologies*, 187 p. (Universitet, Tiraspol, 2005) (in Russ.)
6. Fedorenko A. A., Kublanovskiy V. S., Pershina E. D., Fedorenko A. M. Niobium cathode for the electrochemical synthesis of titanium (III) sulphate in the technology of titanium (IV) oxide, *Vestnik NTU «KPI»*, **28**, 1071 (2014) (in Russ.)
7. Vasko A. T. *Tungsten Electrochemistry*, 163 p. (Tehnika, Kyiv, 1969) (in Russ.)
8. Fedorenko A. A. (2015), *Electrochemical synthesis of titanium sulfate(III) in the production technology of titanium(IV) oxide: dissertation*, Kharkiv, 183 p.
9. Yakimenko L. M. *Electrode materials in applied electrochemistry*, 264 p. (Himiya, Moscow, 1977) (in Russ.)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Базанова  
Ольга Михайловна** Федеральное государственное бюджетное учреждение ФГБНУ “НИИ физиологии и фундаментальной медицины” Тимакова, д.б.н., главный научный сотрудник, e-mail: bazanovaom@physiol.ru
- Валиев  
Энвер Велиуллаевич** ГБОУ ВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет», кафедра электромеханики и сварки, старший преподаватель, e-mail: envervaliyev@ukr.net
- Гришковец  
Владимир Иванович** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. х. н., профессор кафедры общей и физической химии
- Елкина  
Наталья Маратовна** Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., преподаватель подготовительных курсов
- Завьялов  
Андрей Вениаминович** ФГБУН ИМБИ РАН, ведущий инженер отдела ихтиологии, e-mail: andrej-zavyalov@yandex.ru
- Загноенко  
Наталья Евгеньевна** Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», выпускница
- Зганяйко  
Ирина Францевна** Учебно-реабилитационный центр «Країна добра», директор, e-mail: anatomy114@ukr.net
- Ибрагимова  
Эвелина Энверовна** ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет», к. б. н., доцент, заведующая кафедрой биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности
- Ивенкова  
Анастасия Игоревна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистры 2 курса кафедры биохимии
- Казакова  
Вера Валентиновна** Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры медицинской биологии
- Капора  
Любовь Леонидовна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», доктор химических наук, магистрант кафедры общей и физической химии

<b>Кастрыгина Зоя Александровна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», аспирантка кафедры зоологии, e-mail: zoiac_21@mail.ru
<b>Кириллова Алла Викторовна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Кобечинская Валентина Григорьевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры экологии и зоологии
<b>Коваль Юлия Виталиевна</b>	Черкасский национальный университет, кафедра анатомии, физиологии и физической реабилитации, аспирант, e-mail: uyla007@rambler.ru
<b>Ковблюк Николай Михайлович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: kovblyuk@mail.ru
<b>Кожемяко Татьяна Владимировна</b>	Черкасский национальный университет, кафедра анатомии, физиологии и физической реабилитации, преподаватель, e-mail: kozhemako@mail.ru
<b>Кондратенко Анна Владимировна</b>	Концертмейстер Македонской государственной филармонии, e-mail: anyutika@yahoo.com
<b>Коношенко Светлана Владимировна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор кафедры биохимии
<b>Коренюк Иван Иванович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: ikoreniuk@yandex.ru
<b>Лизогуб Владимир Сергеевич</b>	Черкасский национальный университет, кафедра анатомии, физиологии и физической реабилитации, д.б.н., профессор, e-mail: v_lizogub@ukr.net
<b>Малисова Дарья Владимировна</b>	Московский государственный институт музыки им. А.Г.Шнитке, ассистент стажер, e-mail: dashapet@yandex.ru
<b>Омельченко Александр Владимирович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., ведущий специалист кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: omelchenko_tnu@mail.ru



<b>Омельченко Светлана Олеговна</b>	ГБОУ ДПО РК «Крымский институт постдипломного педагогического образования», к. б. н., старший преподаватель кафедры естественно-математического образования, e-mail: omesol@ukr.net
<b>Павленко Владимир Борисович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор, заведующий кафедрой общей психологии
<b>Панова Светлана Алексеевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Петренко Татьяна Ивановна</b>	Московский государственный институт музыки им. А. Г. Шнитке, доцент, e-mail: petrenkoti@yandex.ru
<b>Повстаной Вячеслав Михайлович</b>	Херсонский национальный технический университет, кандидат химических наук, доцент кафедры «Химических технологий, экспертизы и безопасности пищевых продуктов», e-mail: povst@inbox.ru
<b>Полетаев Дмитрий Александрович</b>	Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», к.ф.-м.н., доцент кафедры радиофизики и электроники, ведущий инженер Научно-образовательного центра ноосферологии и устойчивого ноосферного развития (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», e-mail: poletaevda@cfuv.ru.
<b>Романова Дарья Владимировна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистры 2 курса кафедры биохимии, e-mail: dasha_romanova777@mail.ru
<b>Самотой Юлия Владимировна</b>	ФГБУН ИМБИ РАН, ведущий инженер отдела ихтиологии, e-mail: yunovosyolova@yandex.ru
<b>Темурьянц Наталья Арменаковна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur328@gmail.com
<b>Трибрат Александр Георгиевич</b>	Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., ассистент кафедры нормальной физиологии

<b>Трибрат Наталья Сергеевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Туманянц Каринэ Николаевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., директор научно-исследовательского центра экспериментальной физиологии и биотехнологий, e-mail: timur328@gmail.com
<b>Федоренко Александр Михайлович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. х. н., профессор кафедры «Общей и физической химии», e-mail: fedoram37@gmail.com
<b>Федоренко Лариса Павловна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», старший преподаватель кафедры «Информационно-полиграфических технологий»
<b>Хусаинов Денис Рашидович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: gangliu@yandex.ru
<b>Чайка Андрей Владимирович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: andrew.chajka@yandex.ru
<b>Черетаев Игорь Владимирович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., старший научный сотрудник научно-исследовательского центра экспериментальной физиологии и биотехнологий, e-mail: 5612178@ukr.net
<b>Чуян Елена Николаевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики
<b>Шейх-Заде Мамет-Исмет</b>	ГБОУ ВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет», Кафедра электромеханики и сварки, кандидат физико-математических наук, доцент

- Юркова  
Ирина Николаевна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Научно-исследовательский центр экспериментальной физиологии и биотехнологий, к. т. н., старший научный сотрудник, e-mail: nanosilver@rambler.ru
- Яковишин  
Леонид Александрович** ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», к. х. н., доцент, и. о. заведующего кафедрой химии, e-mail: chemsevntu@rambler.ru
- Янцев  
Александр  
Владимирович** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Ярмолюк  
Наталья Сергеевна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
- Юхименко  
Лилия Ивановна** Черкасский национальный университет, кафедра анатомии, физиологии и физической реабилитации, доцент, e-mail: liyukhimenko@ukr.net

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Базанова О. М., Кондратенко А. В., Петренко Т. И., Малисова Д. В.**  
ВЛИЯНИЕ УЧАСТИЯ РОДИТЕЛЕЙ В РАННЕМ ОБЩЕМ ОБРАЗОВАНИИ ДЕТЕЙ  
НА РАЗВИТИЕ ЭЭГ/ЭМГ ПРИЗНАКОВ МУЗЫКАЛЬНО-ИСПОЛНИТЕЛЬСКИХ  
СПОСОБНОСТЕЙ..... 3
- Елкина Н. М., Казакова В. В., Загноенко Н. Е., Коношенко С. В.**  
ПОКАЗАТЕЛИ ЭРИТРОЦИТОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ ИХ  
ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИ ОТДЕЛЬНЫХ СЕРДЕЧНО-  
СОСУДИСТЫХ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ..... 14
- Завьялов А. В. Самотой Ю. В.**  
ЗАРАЖЁННОСТЬ ЧЕРНОМОРСКОГО ШПРОТА НЕМАТОДОЙ  
*HYSTEROTHYLACIUM ADUNCUM* (NEMATODA: ASCARIDATA) У ПОБЕРЕЖЬЯ  
КРЫМА В ПЕРИОД НАГУЛА ..... 21
- Ибрагимова Э. Э.**  
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КУРЕНИЯ НА СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ЗДОРОВЬЯ КАК  
НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНИ ..... 28
- Ивенкова А. И., Романова Д. В.**  
ГРУППА КРОВИ И РЕЗУС ФАКТОР, КАК МАРКЕРЫ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ  
К НЕКОТОРЫМ ПАТОЛОГИЯМ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ КРЫМА ..... 37
- Кастрыгина З. А., Ковблюк Н. М.**  
ВИКАРИРОВАНИЕ В КРЫМУ ДВУХ БЛИЗКИХ ВИДОВ ПАУКОВ РОДА  
*PHILODROMUS WALCKENAER*, 1826: *P. ALBIDUS KULCZYNSKI*, 1911 И  
*P. RUFUS WALCKENAER*, 1826 (ARANEI, PHILODROMIDAE) ..... 42
- Кириллова А. В., Янцев А. В., Панова С. А.**  
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ  
ЗВУЧАНИИ МУЗЫКИ РАЗНОГО ЖАНРА ..... 55
- Кобечинская В. Г.**  
ДИНАМИКА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЙМЕННОЙ  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ КРЫМА ..... 63
- Лизогуб В. С., Юхименко Л. И., Зганяйко Ю. Ф., Кожемяко Т. В., Коваль Ю. В.**  
ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РЕОРГАНИЗАЦИИ  
СЕНСОМОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ У ЛИЦ С ДЕПРИВАЦИЕЙ СЛУХА ..... 79
- Омельченко А. В., Юркова И. Н., Омельченко С. О.**  
АНТИМИКРОБНОЕ ДЕЙСТВИЕ НАНОБИОСЕРЕБРА НА СРЕЗАННЫЕ ЦВЕТЫ. 89
- Темурьянц Н.А., Туманянц К.Н., Чуян Е.Н., Хусаинов Д.Р., Черетаев И.В.,  
Чайка А. В., Ярмолук Н.С.**  
ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННОГО МЕЛАТОНИНА НА РАЗВИТИЕ ВНУТРИ - И  
МЕЖВИДОВОЙ АГРЕССИВНОСТИ КРЫС ПРИ УМЕРЕННОМ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ЭКРАНИРОВАНИИ ..... 97

**Трибрат А. Г., Павленко В. Б., Трибрат Н. С.**  
АЛЬФА–ТЕТА ТРЕНИНГ: САМОРЕГУЛЯЦИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО  
СТАТУСА С ПОМОЩЬЮ СЕАНСОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЭГ ..... 108

**Чайка А.В., Черетаев И.В., Хусаинов Д.Р., Коренюк И.И.**  
ВЛИЯНИЕ ГАЛОПЕРИДОЛА НА КОГНИТИВНЫЕ ФУНКЦИИ (ОБЗОР  
ЛИТЕРАТУРЫ) ..... 115

## **ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Валиев Э. В., Шейх-Заде М. И.**  
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФРАГМЕНТА C<sub>1</sub>–ОН И  
ОСН<sub>3</sub>–ГРУППЫ НА ПРИВЕДЕННЫЙ МОМЕНТ ИНЕРЦИИ В МОЛЕКУЛАХ  
2-МЕТОКСИФЕНОЛА ..... 124

**Гришковец В. И., Капора Л. Л., Яковишин Л. А.**  
ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА.. 129

**Полетаев Д. А.**  
ПРИМЕНЕНИЕ КОАКСИАЛЬНОГО РЕЗОНАТОРНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С УКРАЧИВАЮЩЕЙ ЕМКОСТЬЮ ДЛЯ ВЛАГОМЕТРИИ  
МАЛОРАЗМЕРНЫХ БИООБЪЕКТОВ ..... 135

**Федоренко А. М., Федоренко Л. П., Повстяной В. М.**  
ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ  
МЕТАЛЛОВ С ВОДОРОДОМ В ДВОЙНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ СЛОЕ НА  
ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА ..... 144

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ** ..... 151

**СОДЕРЖАНИЕ** ..... 156