

Журнал основан в 1918 г.

# УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА им. В. И. ВЕРНАДСКОГО

Посвящает ся 90-лет ию Таврического национального  
университ ет а им. В.И. Вернадского

Научный журнал

Серия «Биология, химия»

Том 21 (60). № 1

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского

Симферополь, 2008

Редакционная коллегия журнала:

Багров Н. В. – главный редактор  
Бержанский В. Н. – заместитель главного редактора  
Ена В. Г. – ответственный секретарь

Редакционная коллегия серии «Биология, химия»

Биологические науки

Темурьянц Н.А., доктор биологических наук, профессор – (редактор серии)  
Чуян Е.Н., доктор биологических наук, профессор (выпускающий редактор)  
Коренюк И. И., доктор биологических наук, профессор  
Бугара А.М., доктор биологических наук, профессор  
Павленко В.Б., доктор биологических наук, профессор  
Юрахно М. В., доктор биологических наук, профессор  
Коношенко С. В., доктор биологических наук, профессор

Химические науки

Шульгин В. Ф., доктор химических наук, профессор – (редактор серии)  
Гришковец В.И., доктор химических наук, профессор  
Земляков А. Е., доктор химических наук, профессор  
Федоренко А. М., доктор химических наук, профессор  
Чирва В. Я., доктор химических наук, профессор

© Таврический национальный университет, 2008 г.

Подписано в печать 08. 05.2008. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub> усл. изд. л. 10,6. Тираж 500. Заказ № 17/а.

Отпечатано в информационно-издательском отделе ТНУ.

Проспект Вернадского, 4, г. Симферополь, 95007

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

Науковий журнал. Серія «Біологія, хімія». Том 21 (60), №1.

Сімферополь, Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського, 2008

Журнал заснований у 1918 р.

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

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

Проспект Вернадського, 4, м. Симферополь, 95007

# ИМЕНА И ДАТЫ

## (К 90-ЛЕТИЮ ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА им. В.И. ВЕРНАДСКОГО)

---

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского  
Серия «Биология, химия». Том 21 (60). 2008. № 1. С. 3-9.

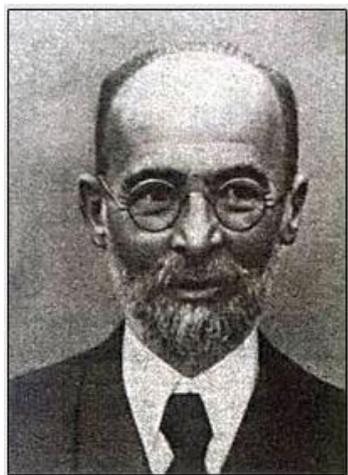
УДК 4777.75

### А.Г. ГУРВИЧ И ЕГО ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНИКИ – Г.М. ФРАНК И А.А. ЛЮБИЩЕВ

Владимирский Б.М., Чуюн Е.Н.

В статье представлены биографические данные о А.Г. Гурвиче, Г.М. Франке и А.А. Любичеве, выдающихся учителя и учениках Таврического национального университета им. В.И. Вернадского.

Общеизвестно, что первый состав преподавателей Таврического университета включал в себя плеяду блистательных имен. Но европейскую известность университет получил в те годы, прежде всего благодаря Александру Гавриловичу Гурвичу, возглавлявшему кафедру гистологии медицинского факультета. На эту должность он был избран летом 1918 года, когда шла работа относительно организации таврического университета. Уже в сентябре он с семьей выехал в Крым, однако до места назначения добрался в мае следующего года: пришлось преодолевать преграды гражданской войны и лечиться от тифа.



А.Г. Гурвич.

В Симферополе для проживания и размещения экспериментальной лаборатории новый профессор получил дом с черешней во дворе с небольшим огородом. Дом А.Г. Гурвича и лаборатория (на первом этаже) превратились в своеобразный научный клуб, где студенческая молодежь вовлекалась в высокую науку. Один из его учеников вспоминает: “В

лаборатории А. Г. Гурвича проводил весь день, и многие работавшие там, особенно студенты, часто тоже задерживались до позднего времени. Вечерами все собиралось под черешней, около южной стены дома, со второго этажа спускалась семья А.Г., часто приходили соседи из дома, стоявшего напротив, и

заселенного преподавателя университета. В такие вечера А.Г. охотно, со свойственной ему живостью, рассказывал о годах, проведенных в Германии и Швейцарии, о своих учителях...» [1, 2].

В Крыму ученый провел почти шесть лет. Он преподавал в университете общий курс гистологии на медицинском и естественном отделениях физико-математического факультета. Используя материалы своих лекций, он в 1924 году написал учебник, который, к сожалению, остался ненапечатанным. Годом раньше в Германии вышла и его монография «Попытка синтетической биологии». Он возобновил переписку с немецким ученым Вильгельмом Ру, который опубликовал в своем престижном журнале семь статей крымского ученого. Он регулярно посылал Гурвичу, много лет оторванному от мировой науки, свой журнал. А однажды послал целый ящик с иностранными журналами за 1918 – 1921 годы. Радость крымских биологов описать было невозможно.

В лаборатории Крымского университета им. М.В. Фрунзе (так университет назывался в те годы) А.Г. Гурвич проводил опыты в двух научных направлениях – теории эмбрионального поля и деления клетки. Работая над последней проблемой, он в 1923 году сделал знаменитое открытие – установил наличие в природе митогенетического излучения («митогенез» - деление клетки). Александр Гаврилович расположил две луковицы корешками под прямым углом и с помощью специального прибора заметил, что сверхслабое ультрафиолетовое излучение одних корешков ускоряет деление клеток других. Вспоминая об этом открытии, А.Г. Гурвич рассказывал своим ученикам, что ему помогали «прекрасная и спокойная крымская природа и полная научная изоляция, которая дала возможность максимально сконцентрировать свое внимание». Статья о митогенетическом излучении была вскоре напечатана в Германии и вызвала большой интерес среди ученых многих стран. Это открытие стало в последующие десятилетия предметом многочисленных дискуссий и, как теперь ясно, послужило началом развития раздела биофизики, которое в наши дни получило название «биофизики микродоз» действия различных химических и биологических факторов. Первые опыты А.Г. Гурвича по изучению биологического действия сверхслабого оптического излучения делящихся клеток много раз описывались. Александр Гаврилович пришел к идее этих опытов в связи со своими размышлениями над проблемой целостности организмов: как получается, что из линейной последовательности молекул постепенно возникает высокоупорядоченная трехмерная структура организма? Организующее начало, обеспечивающее целостность организма, он назвал «биологическим полем» (это – не субстанциональное поле физиков, а скорее, совсем особое «информационное» поле). Однако если такое «поле» реально существует, между клетками организма должно существовать некоторое «дальное действие». Именно такая связь и была обнаружена Гурвичем при сближении делящихся клеток «индуктора» с интактными клетками «перципиента» [2 – 6].

Как выяснил в своих экспериментах Александр Гаврилович, митогенетическое излучение – это чрезвычайно слабая ультрафиолетовая эмиссия (по современным данным – около 100 фотонов в сек с квадратного сантиметра в диапазоне длин волн 190-330 нм) [6, 7]. Тогда было совершенно непонятно, как в биологическом субстрате могут появляться такие энергетические фотоны, как именно они могут

запускать акт клеточного деления. Самой актуальной задачей было обнаружение митогенетического излучения техническими средствами, не – биоиндикаторами. За её выполнение взялся Глеб Михайлович Франк – выпускник крымского университета 1925 года, аспирант Гурвича.



Г.М. Франк.

Эту свою задачу он решил успешно несколько позже в С-Петербурге (тогдашнем Ленинграде), применив газоразрядный счетчик фотонов. Судьба затем разделила учителя и ученика. Но высокая оценка А.Г. Гурвичем таланта своего аспиранта оправдалась в полной мере: Г.М. Франк (1904-1976) стал основателем радиобиологических исследований в атомном проекте, академиком. Широкую известность он получил как основатель знаменитого ныне Пушинского биологического центра. Первым начал работать в этом центре Институт биофизики. Здесь Глеб Михайлович сумел успешно реализовать свои идеи по изучению

биологических наноструктур физическими методами [2].

Между тем режим суровой экономии средств, внедренный с началом новой экономической политики, ударил прежде всего по науке, образованию и культуре. Везде закрывались высшие учебные заведения, сокращались факультеты. В 1924 году очередь дошла и до Крымского университета. Психологическую атмосферу того времени прекрасно передает письмо одного преподавателя, который с возмущением писал в местной газете: «В нашей нищенски-убогой и некультурной стране случилось парадоксальное явление: количество выпускаемых вузами высококвалифицированных работников слишком велико сравнительно с реальными потребностями страны... Вопрос идет главным образом о медицинских институтах и факультетах... Москва с удовольствием прихлопнет те вузы, которые не пользуются поддержкой местной советской общественности».

Борьба за сохранение медицинского факультета, а вместе с ним и университета длилась больше года. Местная власть всячески поддерживала его существование, но средств на содержание не выделяла. Приведем еще одну цитату из газеты «Красный Крым»: «Медицинский факультет является основным, наиболее оборудованным, наиболее многочисленным и наиболее старым факультетом Крымского университета. Закрытие медицинского факультета – значит закрыть весь университет... Понизится культурный уровень работы всех местных учреждений в Крыму... Мне даже стыдно писать такие простейшие вещи... Во многих наркоматах существует легкомысленный взгляд, будто для Крыма довольно и техникумов. Для чего нам врачи, когда можно обойтись и фельдшерами, и повивальными бабками, калечащими население?» [1].

Однако ничего сделать не удалось, и решение о закрытии медицинского факультета отменено не было. Преподаватели начали искать себе новую работу. А.Г. Гурвич направился в Москву, где осенью в 1924 году его избрали заведующим кафедры гистологии и эмбриологии Московского университета. Здесь ученый продолжил исследования митогенетического излучения и биологического поля,

которое, по его убеждениям, следует считать единственным фактором, определяющим направленность и упорядоченность биологических систем. Его мировая слава растет. Летом в 1927 году, впервые после 20-летнего перерыва, он поехал на научную конференцию за границу. Во время одного из приемов в Берлине он встречался с великим Эйнштейном. В начале 1934 года А.Г. Гурвич в течение двух месяцев выступает с лекциями в Вене, Париже и в университетах Голландии. Везде его встречают как мировую величину, пресса пишет об интересе широкой общественности к открытиям биолога. Один газетчик описал выступление Гурвича в переполненном зале: «Появление ученого, кот орый от крыл лучи ж изни, вст речает буря аплодисмент ов. Докладчик, подвиж ный словно рт ут ь, начинает лекцию безукоризненным немецким лит ерат урным языком». Зарубежное турне увенчалось полным успехом [1, 2].

На родине А.Г. Гурвич продолжает исследования в Ленинградском институте экспериментальной медицины, где директором был его давний знакомый по Таврическому университету, прежний ректор С.С. Салазкин. В Ленинграде Гурвич организовал лабораторию экспериментальной биологии в институте; кроме этого, он несколько лет руководил и лабораторией в Рентгенологическом институте. Он продолжает изучение митогенетического излучения и в 1932 году выпускает книгу под этим названием. Углубляя круг исследований, ученый переходит к проблеме митогенетического излучения раковых клеток. Интерес мировой научной общественности к этому открытию перед Второй мировой войной был всеобщим. Александр Гаврилович открывал первый международный Конгресс по радиобиологии (1934). При голосовании в Нобелевском комитете ему не хватило двух голосов... Накануне войны за достижение в отрасли теоретической биологии он получил Сталинскую премию. Однако постепенно интерес к этой проблеме стал угасать. Возобладала точка зрения, согласно которой сверхслабое оптическое излучение функционирующей биологической ткани является просто побочным продуктом биохимических реакций – тривиальной хемобиолюминесценцией, «обычным» шумом [8, 9].

В 1945 году А.Г. Гурвич был назначен директором Института экспериментальной биологии Академии медицинских наук. Официальное признание, однако, не спасло его от преследований. Когда в стране началась антисемитская кампания, Гурвич становится одной из ее жертв. На заседании секретариата ЦК коммунистической партии 16 февраля 1949 года А.Г. Гурвич был снят с должности согласно обвинениям: печатал свои книги в Германии (а это свидетельствовало о его космополитизме), среди его сотрудников было, по мнению кремлевских антисемитов, слишком много евреев. После этого события, когда страна так плохо отблагодарила за длительный научный труд, Гурвич прожил недолго. Он ушел из жизни почти восьмидесятилетним в 1954 г. [1, 2].

«Многое в его судьбе загадочно и т рагично...» – говорит о А.Г. Гурвиче А.А. Любищев [10]. Двадцатилетним юношей Александр Гаврилович (после окончания гимназии в Полтаве) приезжает в Мюнхен – поступать в Академию Художеств. Приемный экзамен сдать не удалось. Через короткое время А. Гурвич уже студент Мюнхенского Университета. Талант художника оказался для Александра

Гавриловича востребованным в будущем только один раз – он выполнил свыше сотни изящных и точных рисунков для своей книги «Атлас и очерк эмбриологии позвоночных» (1907). Однако в последствии он становится выдающимся профессионалом – цитологом – гистологом. Затем – биологом-теоретиком, затем – биофизиком. А.Г. Гурвич вошел в историю современной науки как один из творцов теоретической биологии и системного подхода к изучению живой материи. Открытие им митогенетического излучения и создание теории биологического поля стали выдающимся вносом в биологию. За 60 лет научной деятельности он опубликовал свыше 140 статей и монографий, из которых сто – на иностранных языках, преимущественно немецком. Потому неудивительно, что как раз в Германии его научное наследие наиболее актуально. Сегодня там работает прекрасная лаборатория профессора Ф.А. Поппа, где на новейшем оборудовании проводятся исследования митогенетических лучей. Недавно благодаря его содействию в Московском университете создана лаборатория имени А.Г. Гурвича. Здесь изучаются проблемы, чрезвычайно важные для современной науки, - ранняя диагностика онкологических заболеваний, биотехнология. Можно утверждать, что идеи и открытия ученого получили вторую жизнь. Они опять актуальны и обещают новые достижения в биологии и медицине.

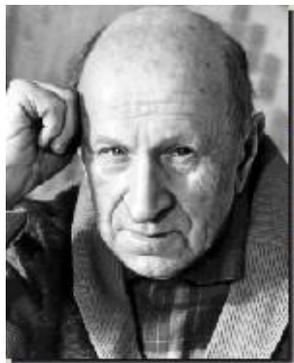
В последние десятилетия возродился и интерес к важнейшей идее А.Г. Гурвича – информационной составляющей сверхслабого свечения клеток и тканей. Знаковым событием стало открытие в Пушинском Биологическом Центре так называемого «биогенного излучения» (А.М. Кузин (1906-1999) и Г.Н. Серкенова). Оказывается, упомянутая эмиссия возникает при облучении организмов малой дозой «обычного» гамма-излучения. Воздействие гамма-излучением в малых дозах на семена приводит, как давно известно, к возрастанию их всхожести, к стимуляции роста их проростков. Но если облученные семена будут находиться рядом с аналогичными интактными семенами несколько часов, стимулирующее действие «передается» и этим последним. Ныне известно много вариантов аналогичных опытов [11, 12].

Пожалуй, одним из ярких признаков возрождения интереса к заветной идее Александра Гавриловича было проведение в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского 3-й Международной Гурвичевской конференции по «Биофотобиотехнологии» (октябрь, 2004). Организаторами конференции являлись также Международный институт Биофизики (Нейсс, Германия) и Московский государственный университет им. М. Ломоносова. «Связь времен» ощущалась особенно остро в связи с тем, что одним из докладчиков был внук Александра Гавриловича – Л.В. Белоусов (в его докладе сообщалось, что спектр сверхслабого свечения эмбриона зависит от стадии его развития). В представленных докладах содержались новые аргументы, свидетельствующие о справедливости изложенной выше идеи Александра Гавриловича. Интересно, что современные исследователи вернулись и к его методу биоиндикаторов (в МГУ для этого используется икра рыб). Однако сигналы, несомые «биофотонами», могут быть переданы клеткам – перципиентам также через оптическое волокно. Обнаружено также, что светятся водные растворы. Причем спектр сверхслабого

свечения охватывает гораздо более широкий диапазон длин волн, чем предполагалось ранее. И так далее...

Таким образом, важность открытия митогенетического излучения, похоже, начинает осознаваться только в наши дни. На сохранившемся доме, где было сделано открытие, так опередившее свое время, теперь висит мемориальная доска. Мемориальные доски, посвященные А.Г. Гурвичу и Г.М. Франку открыты в 2004 г. и на биологическом корпусе ТНУ.

Один из крупнейших отечественных биологов-теоретиков – Александр Александрович Любищев (1890-1972) – считал себя учеником А.Г. Гурвича. Он преподавал в Таврическом Университете в 1918-21 гг. в качестве его ассистента. Будучи по своей узкой специальности энтомологом и систематиком, А.А. Любищев много сделал для внедрения в биологию математических методов. Он не очень интересовался митогенетическим излучением, однако именно Александр Александрович был одним из немногих современников А.Г. Гурвича, воспринявших и оценивших его идеи «целостности» и морфогенетического поля. Интересно, что в их многолетней переписке А.А. Любищев нередко выступал жестким оппонентом своего учителя. В одном пункте у них определенно не было разногласий – в оценке «лысенковщины» (А.Г. Гурвич подал в отставку сразу же после знаменитой сессии ВАСХНИЛ 1948 г.; А.А. Любищев был стойким борцом с этим злом до полного его низвержения). В своих воспоминаниях А.А. Любищев так писал о своем учителе и друге: «... в области биологии не было человека, так далеко оторвавшегося от своих современников по своим теоретическим представлениям, как это случилось с Гурвичем» [10].



А.А. Любищев

#### Список литературы

1. Урсу Д. Таврійський університет, його наставники і вихованці // Джерела. – 26 листопада, 1999. – С. 19.
2. Бляхер Л., Залкинд С. К истории русской науки // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. Биологии. – 1955. – Т. IX (4). – С. 103-108.
3. Гурвич А.Г., Гурвич Л.Д. Митогенетическое излучение. – Л.: ВИЭМ, 1934 – 140 с.
4. Гурвич А.Г. Теория биологического поля. – М.: Советская наука, 1944. – 156 с.
5. Гурвич А.Г., Гурвич Л.Д. Введение в учение о митогенезе. – М.: Изд. Акад. мед. наук СССР, 1948 – 144 с..
6. Гурвич А.А. Проблема митогенетического излучения как аспект молекулярной биологии. – Л.: Медицина, 1968. – 152 с.
7. Гурвич А.Г. Избранные труды (Теоретические и экспериментальные исследования). – М.: «Медицина», 1977. – 162 с.
8. Пухальская Е.Ч. Морфологические изменения митотических фигур в результате их взаимодействия // Сборник работ по митогенезу и теории биологического поля. – М., 1947. – С. 32 – 38.
9. Гурвич А.Г. Подлинная история биологического поля // Химия и жизнь – 2003. - № 5. – С. 32-40.
10. Любищев А. А., Гурвич А.Г. Диалог о биополе. – Ульяновск, 1998. – 208 с.
11. Казначеев В.П., Михайлова Л.П. Сверхслабые излучения в межклеточных взаимодействиях. – Новосибирск: СО АМН СССР, 1981. – 122 с.
12. Кузин Б.С. О принципе поля в биологии // Вопросы философии. – 1992. – № 5. – С. 148-164.

13. Biophotons and coherent systems in biology, biophysics and biotechnology // Abstract book 3-rd Alexander Gurwitsch Conference. – Partenit, Crimea. – 2004.
14. Белоусов Л.В., В.Л. Воейков. Ф.– А. Попп, Митогенетические лучи Гурвича // Природа. – 1997. – № 3. – С. 67-71.

Владимирський Б.М., Чужан О.М. А.Г. Гурвіч і його видатні учні – Г.М. Франк і А.А. Любіщев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 3-9.

У статті представлені біографічні дані про А.Г. Гурвіче, Г.М. Франку і А.А. Любіщеве, видатних вчителів та учнів Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського.

Vladimirsky B.M., Chuyan E.N. A.G. Gurvich and his prominent students – G.M. Franc and A.A. Lyubischev // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 3-9.

In the article biographic information is presented about A.G. Gurviche, G.M. Franc and A.A. Lyubischev, prominent teacher and students of the Tavrida National V.I.Vernadsky University.

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.

УДК 4777.75

## ТРИ КРЫМСКИХ ФРАНКА

(крымские страницы жизни профессора М.Л. Франка и его сыновей:  
академика Г.М. Франка и академика И.М. Франка)

Ена В.Г.

В данной статье приведены некоторые страницы из истории пребывания и деятельности в Крыму, в Симферополе, трех Франков – крупных отечественных ученых - математика, биофизика и физика.

Ключевые слова: М.Л. Франк, Г.М. Франк, И.М. Франк.

С историей Таврического национального университета им. В.И. Вернадского связаны имена более 300 профессоров, в разные годы работавших в этом старейшем высшем учебном заведении Крыма (вуз основан в 1918 году) [7]. Среди них – семейный клан известных отечественных ученых: математика Михаила Людвиговича Франка и его сыновей – биофизика Глеба Михайловича Франка и физика Ильи Михайловича Франка. Жизнь и деятельность этой тройки крымских Франков многие годы была связана с нашим полуостровом: здесь они работали, учились, путешествовали, познавая его прекрасную природу, писали и публиковали свои научные труды, что позволило младшим Франкам в последующие годы уверенно войти в большую науку и стать выдающимися учеными-академиками; каждый из них был трижды удостоен Государственной премии СССР, многих других высоких наград, а И.М. Франк стал лауреатом Нобелевской премии по физике (одним из 18 отечественных ученых, заслуживших эту высокую международную премию за все годы ее существования).

Истоки формирования научных интересов и успехов этих ученых закономерно восходят к главе семьи Михаилу Людвиговичу Франку. Это был, по словам Г.М. Франка, человек высочайшей интеллигентности. Он уделял много времени своим сыновьям. По воспоминаниям И.М. Франка, отец «интересно и популярно рассказывал сыновьям о науке, мастерил с ними различные модели, действующие приборы и наглядные пособия» [4, с.9]. Он создал в семье атмосферу, заложившую основу формирования двух очень крупных ученых. Михаил Людвигович в год рождения своего старшего сына Глеба, будущего академика-биофизика – 24 мая 1904 г. – преподавал высшую математику в Нижнем Новгороде. Мать, Елизавета Михайловна Франк (Грацианова), была врачом.

Позднее семья Франков переехала в Петербург, куда М.Л. Франка пригласили на работу преподавателем высшей математики в политехнический институт. Там, в Петербурге, в семье Франков 23 октября 1908 года родился еще один сын – Илья, будущий академик-физик.

В Таврическом университете, в Симферополе, Михаил Людвигович Франк работал с 1919 года, сначала приват-доцентом, а затем профессором чистой математики. Здесь же, в Крыму, учились в школе и его сыновья. Окончив Ялтинскую общеобразовательную школу, Глеб Михайлович в 1921-1925 гг. обучался на естественном отделении физико-математического факультета Крымского университета. В те годы здесь преподавали и вели научную работу многие выдающиеся профессора. Среди них были химик А.А. Байков, лесовед П.Н. Высоцкий, геологи и географы В.И. Лучицкий и В.А.Обручев, биохимик В.И. Палладии, биологи А.Г. Гурвич, А.А. Любищев, математики М.Л. Франк, В.Н. Смирнов и Н.М. Крылов, физики Я.И. Френкель и И.Е. Тамм... Среди студентов учились будущие академики-физики И.В. Курчатов, К.Д. Синельников, геолог-географ Д.И. Щербаков и другие. Один из однокашников Г.М. Франка, впоследствии доктор географических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР Б.А. Федорович о том времени вспоминал так: «Мы, студенты, были избалованы нашими прекрасными профессорами... Спокойны и глубоко продуманы были лекции В.А. Обручева. Каждое положение обосновывалось его личными наблюдениями... Каждая лекция иллюстрировалась серией таблиц... Все это давало нам прочные и прекрасно систематизированные знания... На лекциях В.И. Вернадского по минералогии и геохимии мы постигали тайны строения атома, материи и мироздания. А как интересны были лекции зоолога П.П. Сушкина, почвовед Г.Н. Высоцкого, химика А.А. Байкова» [6, с. 5].



Сотрудники биологической лаборатории Крымского университета. 1924 г.: профессор А.Г.Гурвич(1 ряд, второй слева) и студент Г.М. Франк (3 ряд, верхний, четвертый слева).

Особый интерес у студента Г.М. Франка вызывали занятия в научно-исследовательской биологической лаборатории профессора Александра Гавриловича Гурвича, научные идеи которого намного опередили свое время. А.Г. Гурвич в 1918-1924 гг. был профессором Таврического – Крымского университета. Здесь, в Симферополе, в 1923 году он открыл сверхслабое ультрафиолетовое излучение ряда живых клеток, стимулирующее деление клеток, и назвал его

митогенетическим излучением, то есть вызывающим митоз - деление клеток [1].



Г.М. Франк

Г.М. Франк вместе с руководителем лаборатории А.Г. Гурвичем, первым своим научным учителем, исследовал физиологию клеточного деления, изучал митогенетическое излучение растений и здесь же подготовил к публикации свои первые научные работы. В год окончания Крымского университета (1925) и на следующий год (1926) Г.М. Франк опубликовал по этим вопросам свои первые научные труды (на немецком языке).

После окончания университета молодой специалист в 1925-1926 гг. работал сначала препаратором на кафедре гистологии медицинского факультета Московского государственного университета, а затем был приглашен в аспирантуру МГУ, где под руководством А.Г. Гурвича (переехавшего

сюда из Симферополя) продолжал исследования, начатые в Крыму. Свидетельством верности своей alma mater является работа Г.М. Франка "Центры митогенетического излучения в зародышах растений", опубликованная в 1927 году в Трудах Крымского НИИ (т.1, вып.2. - С. 52-65). Всего же только в этом году молодой исследователь опубликовал 6 научных работ. Именно с этих, 20-х годов, он был чрезвычайно увлечен перспективами применения физических представлений и методов не только для регистрации митогенетического излучения, но и для исследования природы биологических процессов. В 1926 году он, работая с митогенетическим излучением, обнаружил вспышку излучения мышцы при ее сокращении. С этих пор Г.М. Франк выбрал мышцу в качестве главного объекта своих исследований и поставил кардинальный вопрос о связи между структурой и функцией мышцы. Эта проблема работы мышцы, ее биологической подвижности интересовала Г.М. Франка на протяжении всей его жизни [3]. Ученый любил повторять, что его неизменно восхищают и волнуют два зрелища: танец лебедей и делящиеся клетки.

В последующие десятилетия он работал во многих, в том числе созданных под его руководством центральных научных учреждениях: Ленинградском физико-техническом институте, где организовал лабораторию биофизики и работал над проблемой обнаружения и измерения слабых ультрафиолетовых излучений и установил, что митогенетическое излучение не «мистика» (как думали тогда), а ультрафиолетовое излучение с определенным диапазоном длин волн; в 1933 году он организует отдел биофизики и фитобиологии во Всесоюзном институте экспериментальной медицины, где осуществляет цикл исследований механизмов действия ультрафиолетового излучения на организм, организует ряд комплексных экспедиций на Эльбрус (наблюдения космической радиации, изучение биологического действия клеточного излучения...). Эти и другие последующие исследования Г.М. Франка стали основой рекомендаций для широкого использования ультрафиолетового излучения в медицине. В годы Великой

Отечественной войны Г.М. Франк разработал и внедрил физиотерапевтические методы лечения раненых (применение бактерицидных ламп). В послевоенное время Г.М. Франк организует радиационную лабораторию, и на ее базе - Институт биофизики Академии медицинских наук СССР.

С 1957 года в течение 20 лет Г.М. Франк был директором Института биологической физики Академии наук СССР, много трудился над подготовкой ученых-биофизиков, координировал научные исследования по биофизике в масштабах страны и на международной арене.

Г.М. Франк был творцом более 470 опубликованных научных трудов. Доктор биологических наук с 1935 г., профессор с 1939 г., академик Академии наук СССР с 1966 г., Г.М. Франк был трижды удостоен Государственной премии СССР (1949, 1951, 1978 гг.). Начатые в Крымском университете научные исследования, принесли Г.М. Франку (1904-1976) мировую известность.

Жизнь и начальная научная деятельность другого сына М.Л. Франка – Ильи Михайловича Франка (1908-1990) также была тесно связана с Крымом. Здесь, в Ялте, в 1925 году он окончил общеобразовательную школу и затем под руководством отца, который продолжал работать профессором в Симферополе, в 1925-1926 гг. трудился препаратором в Крымском государственном педагогическом институте (преемнике Крымского университета). И хотя затем в 1926-1930 гг. И.М. Франк учился на физико-математическом факультете Московского государственного университета (напомним, в эти же годы в МГУ обучался в аспирантуре его брат Г.М. Франк), но первые результаты своих исследований он изложил в своих докладах на заседаниях вузовского математического общества (кружка) в Крымском педагогическом институте. Тематика этих докладов была опубликована в «Известиях Крымского педагогического института» (1927, т.1. - С. 152; 1930, т.3. - С.294). Посвящены они были, в частности, проблемам геометрии,



И.М. Франк.

которую так любил его отец: «Об одном обобщении теоремы Chasles'a»; доклад на заседании математического общества Симферополя 9 ноября 1925 г.; «О некоторых свойствах подер...»; доклад на XXVI собрании математического кружка в Симферополе 28 марта 1928 г. Эти доклады, тематика которых опубликована в "Известиях Крымского педагогического института", библиографами И.М. Франка рассматриваются в качестве первых его научных работ, и названия их приведены в академическом издании в алфавитном указателе опубликованных трудов академика И.М. Франка [4, с. 59, 60].

Обучаясь в Московском университете, как писал И.М. Франк, он "попал в среду, в которой истинное научное влияние воспринималось

особенно интенсивно и разносторонне.. к которой принадлежали... непосредственные учителя и выдающиеся физики С.И. Вавилов, Г.С. Ландсберг, И.Е. Тамм.

Непрерывное научное общение... разговоры, частые и длительные, никто не считал потерей времени" [4, с. 9]. Еще студентом И.М. Франк начал работать в лаборатории С.И. Вавилова.

После окончания МГУ вся жизнь И.М. Франка была посвящена физической науке. Он работал в Ленинградском оптическом институте: его исследования фотохимических реакций оптическими методами послужили основанием для присуждения ему в 26 лет ученой степени доктора наук. С 1934 г. И.М. Франк работал в Физическом институте им. П.Н. Лебедева, и вместе с институтом переехал в Москву. Наряду с работой в лабораториях, И.М. Франк в 1934-1935 гг. участвовал в комплексной экспедиции АН СССР на Эльбрус, занимался там исследованием космических лучей. В эти годы он переключился на исследования в области зарождавшейся "большой" ядерной физики. В военные и первые послевоенные годы ученый принял активное участие в решении атомной проблемы, выполнив большую программу научных изысканий, связанных с созданием атомных реакторов, стал затем одним из основателей отечественной науки об атомном ядре. Многие годы трудился он на разных ответственных постах науки: члена бюро Отделения ядерной физики АН СССР, директора лаборатории нейтронной физики АН СССР, директора лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований, заведующего лабораторией атомного ядра физического института им. П.Н. Лебедева, а затем Института ядерных исследований АН СССР. Под его руководством был создан импульсный реактор на быстрых нейтронах.

В 1958 г. И.М. Франку (вместе с И.Е. Таммом и П.А. Черенковым) за исследования теории излучения Черенкова-Вавилова была присуждена Нобелевская премия. Огромный вклад в физическую науку принес И.М. Франку мировую известность и широкое общественное признание. В 1940 г. он стал профессором МГУ, в 1968 г. – избран академиком Академии наук СССР. И.М. Франк трижды (1946, 1954, 1971 гг.) был удостоен Государственной премии СССР. За свою жизнь он опубликовал более 400 научных работ. – В то время как сыновья Михаила Львовича Франка – Глеб Михайлович и Илья Михайлович, сделавшие, как сказано выше, первые научные шаги в Крыму, успешно развивали свои научные идеи в биофизике и физике, сам М.Л. Франк-отец многие годы продолжал успешно трудиться профессором в Симферополе: в Таврическом университете (1919-1921 гг.) – Крымском университете (1921-1925 гг.) - Крымском государственном педагогическом институте (1925-1932 гг.). Вуз, правда, постепенно сдавал свои научные позиции: многие из видных ученых-педагогов уезжали в Москву, Ленинград, Киев. Например, уехали из крымского вуза его ректор академик-геохимик В.И. Вернадский, видные профессора химик А.А. Байков, философ С.Н. Булгаков, экономикогеограф К.Г. Воблый, климатолог А.В. Вознесенский, ботаник Е.В. Вульф, географ-лесовед Г.Н. Высоцкий, филолог Н.К. Гудзий, биолог А.Г. Гурвич, физик А.Ф. Иоффе, математики Н.С. Кошляков и Н.М. Крылов, ботаник Н.И. Кузнецов, геолог В.И.

Лучицкий, биолог и философ А.А. Любищев, геолог и географ В.А. Обручев, биохимик А.В.Палладин, минералог С.П. Попов, зоолог И.И. Пузанов, биохимик С.С. Салазкин, математик В.И. Смирнов, зоолог С.С. Сушкин, физик И.Е. Тамм, физикогеограф Б.А.Федорович, физик-теоретик Я.И. Френкель, геолог Д.И.Щербаков и другие [7]. Уже в 1925-1927 гг. в Крымском педагогическом институте из 56 преподавателей только 17 человек имели профессорские звания, а в 1935 г. - из 84 преподавателей лишь 4 имели звание профессора и 4 -доцента [6, с. 130].

М.Л. Франк читал на физико-математическом и естественном отделениях математику и теоретическую механику. В конце 1927 г. М.Л. Франк был назначен заместителем директора (проректором) Крымского педагогического института. Семья ученого жила, квартируя в старой части Симферополя по улице Гоголевской, 55 [5]. С увлечением занимался М.Л. Франк научной работой. В эти годы, например, он публикует свое фундаментальное исследование "Геометрия Лобачевского и ее значение для современной науки" (к столетнему юбилею неевклидовой геометрии) [8]. С докладом на эту тему М.Л. Франк выступил 27 марта 1926 г. в Крымском обществе естествоиспытателей. Его научные интересы тогда также были связаны с вопросами приближенных методов алгебры и математического анализа. М.Л. Франк публикует в эти годы в "Известиях Крымского педагогического института" работы "Об интерполировании некоторых замкнутых кривых", "О приложении асимптотической формулы к вычислению определенных интегралов и интегрированию некоторых дифференциальных уравнений". Активно выступает с докладами на заседаниях вузовского математического общества (кружка): "Геометрический способ построения развертки усеченного конуса", "Об основных направлениях в современной математике", "Графическое решение системы трех линейных уравнений", "О линейчатых односторонних поверхностях 3-го порядка" и др. Один из докладов (1928 г.) М.Л. Франк посвятил отчету "О поездке в Болонью на международный математический конгресс и в Геттинген".

Но обстановка, в которой приходилось работать М.Л. Франку в Крыму, была сложной. Что же мешало нормальной деятельности тогдашнего педагогического вуза? О трудностях в деятельности ученых вуза в те годы свидетельствует пример, когда Крымский педагогический институт был вынужден покинуть и переехать в Ленинград профессор-ботаник, известный крымовец, уроженец Симферополя Евгений Владимирович Вульф.

Объясняя такой свой шаг, в апреле 1926 г. он пишет В.И. Вернадскому (с которым плодотворно совместно работал еще в Таврическом университете): "Из Крыма все бегут – обстановка с каждым годом делается все менее благоприятной для культурной работы. Я тоже собираюсь переезжать в Петербург, где... получил место в Институте прикладной ботаники... Крым жалко оставлять, но работать здесь стало уже невозможно" [2, с. 152]. Сведений о том, почему "таяли" научные кадры, сохранилось с тех пор очень мало. Но, как свидетельствуют историки вуза, "Политическое недоверие преподавательскому корпусу пединститута со стороны руководства Крымской автономной республики, усилившееся вмешательство в учебную и научную работу, умаление роли Совета вуза и внедрение единоначалия в

нем – все это побуждало многих искать работу в других местах" [6, с. 130]. Большой потерей для Крымского педагогического института был отъезд в 1932 г. из Симферополя профессора математики М.Л. Франка в Ленинградский политехнический институт (туда, где он в свое время работал). В военные годы, в 1942 г., он там и завершил свой жизненный путь.

проф. М.Л. Франк

### Геометрия Лобачевского и ее значение для современной науки (К столетнему юбилею неевклидовой геометрии)

12/24 февраля 1826 года, сто лет тому назад, профессор Казанского университета Николай Иванович Лобачевский представил в конференцию физико-математического факультета исследование, озаглавленное: „Exposition succincte des principes de la geometrie, avec une demonstration rigougeuse du theoreme der paralleles". Работа эта была встречена далеко не сочувственно, она не была даже опубликована, и рукопись её окончательно потеряна. И, несмотря на это, сейчас весь научный мир празднует столетний юбилей этого замечательного события в истории научной мысли, оказавшегося столь плодотворным для дальнейшего развития геометрии и даже физики.

Николай Иванович Лобачевский родился 22 октября 1793 года в Казани. В 1807 году, тринадцати лет, он переведен был из гимназии в только что открытый тогда Казанский университет, носивший в значительной мере характер средней школы. К этому времени университет пополняется научными силами, а именно приглашенными из Германии физиком Броннером, астрономом Литтровым и математиком Бартельсом, другом великого германского математика Гаусса. Во время обучения в университете Лобачевский зарекомендовал себя весьма дурным поведением, и лишь благодаря его исключительным способностям он находил себе всегда горячих защитников среди профессоров и таким образом не подвергал грозившему ему исключению из университета. Восемнадцати лет Лобачевский получает уже звание магистра физико-математических наук и изучает труды Гаусса и Лапласа, а через год ему поручается чтение курса геометрии.

Двадцати лет Бартельс представил Лобачевского в ад'юнкты чистой математики, вслед за чем ему поручается чтение все большего числа курсов чистой математики, а затем даже и физики и астрономии.

Высшая школа в то время находилась под тяжестью жестокого реакционного режима; университеты подвергались гонению за их относительный либерализм, и Казанскому университету в результате ревизии, произведенной известным Магницким, грозило закрытие за причиняемый им общественный вред". Закрыт университет не был, но ставший попечителем округа Магницкий уволил девять профессоров из его состава, а Лобачевского перевел с кафедры математики на кафедру астрономии и физики и таким образом насильственно оторвал его от основной сферы его научной работы на целых два года. Несмотря на молодость Лобачевского, его авторитет неизменно возрастает, вскоре его избирают деканом физико-математического факультета, а в 1827 году, всего 30-ти лет, он становится ректором.

Доклад, прочитанный в Крымском Обществе естествоиспытателей и любителей природы 27/III 1926 г.

Титульная страница статьи М.Л. Франка в «Известиях Крымского педагогического института», 1927 г.

Таковы некоторые страницы из истории пребывания и деятельности в Крыму, в Симферополе, трех Франков – крупных отечественных ученых - математика,

биофизика и физика. Страницы, иллюстрирующие династическую преемственность научных школ и поколений ученых, связанных с интеллектуальной элитой прошлых лет Таврического национального университета имени В.И. Вернадского.

Список литературы

1. Александр Гаврилович Гурвич (1874-1954). - М.: Наука, 1970. -204 с.
2. Вернадский В.И. Дневники. 1917-1921. – К.: Наукова думка, 1997.-328 с.
3. Глеб Михайлович Франк (1904-1976). – М: Наука, 1983. -89 с.
4. Илья Михайлович Франк (1908). –М.: Наука, 1979. -75 с.
5. Научные работники Крыма. Справочник. – Симферополь, 1927. -12 с.
6. Очерки истории Симферопольского государственного университета (1918-1993).-Симферополь: Таврия, 1993.– 415 с.
7. Профессора Таврического национального университета им. В.И. Вернадского (1918-2000) / Составители: Багров Н.В., Ена В.Г., Шарапа В.Ф., Урсу Д.П. – К.: Либідь, 2000. – 152 с.
8. Франк М.Л. Геометрия Лобачевского и ее значение для современной науки // Известия Крымского педагогического института им. М.В. Фрунзе. Книга 1. – Симферополь, 1927. – С. 13-

Ена В.Г. Три кримських Франків (кримські сторінки життя професора М.Л. Франка і його синів: академіка Г.М. Франка і академіка І.М. Франка) // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 10-17.

У даній статті приведені деякі сторінки з історії перебування і діяльності в Криму, в Сімферополі, трьох Франків – крупних вітчизняних учених - математика, біофізика і фізика.

Ключові слова: М.Л. Франк, Г.М. Франк, І.М. Франк.

Ena V.G. Three Crimean francs (Crimean pages of life of professor M.L. Franc and his sons: academician G.M. Franc and academician I.M. Franc) // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 10-17.

In this article some pages are resulted from history of stay and activity in Crimea, in Simferopole, three Francs – large domestic scientists - mathematician, biophysicist and physicist.

Keywords: M.L. Franc, G.M. Franc, I.M. Franc.

Пост упила в редакцию 26.03.2008 г.

УДК 4777.75

## БИОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В УНИВЕРСИТЕТЕ В НАШИ ДНИ

Темурьянц Н.А

Представлены сведения о биофизических исследованиях, проводимых на кафедре физиологии человека и животных и биофизики Таврического национального университета им. В.И. Вернадского за последние 40 лет. Эти исследования касаются изучения биологического действия низкоинтенсивных электромагнитных полей сверхнизких и сверхвысоких частот, биоритмики.

Ключевые слова: низкоинтенсивные электромагнитные поля сверхнизких и сверхвысоких частот, биоритмика, кафедра физиологии человека и животных и биофизики.

Биофизические исследования, начало которым были положены А.Г. Гурвичем, Г. Франком, в университете продолжаются. Эти исследования посвящены изучению биологического действия слабых электромагнитных излучений (ЭМП) крайних частотных диапазонов.

Благодаря трудам В.И. Вернадского, А.Л. Чижевского в понятие «внешней среды» включено и космическое пространство, оказывающее существенное влияние на все элементы биосферы. Ведь «космические излучения .....охватывают биосферу, проникают всю ее и все в ней» (Вернадский, 1926). Существенным компонентом среды обитания является и такой фактор космического происхождения как естественное электромагнитное поле (Дубров, 1974, Скайлс, 1989), в обширном спектре которого особый интерес представляет сверхнизкочастотный диапазон (СНЧ). Это связано с тем, что интенсивность переменного магнитного поля (ПеМП) СНЧ диапазона максимальна по сравнению с интенсивностью поля других частотных полос, как в спокойные периоды, так и особенно во время геомагнитных возмущений, когда его интенсивность может возрасть в 10-1000 раз (Polk, Fitcher, 1962).

Есть все основания полагать, что изменения параметров ПеМП этого диапазона используются как датчики времени биологических ритмов (Владимирский, 1980; Деряпа и др., 1985), как носители прогностической информации о предстоящих землетрясениях (Рикитаки и др., 1979; Гогатишвили, 1984), и изменениях погоды (Reiter, 1960; Чубинский, 1965; Бокша и др., 1980; Щепетнов и др., 1986), как агент, ответственный за реализацию солнечноземных связей (Владимирский, 1971; Волынский и др., 1973; Сидякин и др., 1985).

Изучение физиологического действия низкоинтенсивного ЭМИ крайне высокой частоты (КВЧ), также представляет большой интерес, так как этот диапазон отсутствует в спектре естественных ЭМИ, и поэтому у человека и животных не развилась адаптация к его действию. Весьма вероятно, что ЭМИ этого диапазона используются для передачи информации между организмами и внутри организмов (Ситько, 1990; Девятков и др., 1991; Бецкий, Лебедева, 2001).

Таким образом, изучая биологическую активность низкоинтенсивного ЭМП мы значительно расширяем представления о роли электромагнитной сигнализации в живой природе.

Эти исследования начались в конце 60-х годов, когда к.ф.-м. наук, с.н.с. КрАО АН СССР, ныне профессор ТНУ им. В.И.Вернадского Б.М. Владимирский, проанализировав огромный эмпирический материал, высказал предложение о том, что действующим агентом в реализации солнечно-земных связей является изменения напряженности электромагнитного поля в диапазоне низких и очень низких частот. Эта гипотеза легла в основу экспериментов, проводившихся на кафедре нормальной физиологии Крымского медицинского института под руководством профессора А.М. Вольнского. Исследователи (профессор А.М.Вольнский, аспиранты Н.А.Темурьянц, А.Я.Чегодарь) моделировали электромагнитное возмущение, вызванное магнитной бурей. Уже первые результаты были обнадеживающие: слабые ЭМП частотой 8 Гц вызывали изменения деятельности сердца, некоторых показателей системы крови у кроликов. Кроме того, были обнаружено влияние слабых ЭМП на бактерии (Ю.Н. Ачкасова). Этим обстоятельством были обусловлены многочисленные дискуссии, которые инициировали разнообразные контрольные эксперименты, эффективность столь слабых полей в те годы считалась совершенно невозможной.

Первые результаты этих исследований были доложены в 1969 г. на I Всесоюзном симпозиуме «Солнце-биосфера» в г. Вильнюсе и получили высокую оценку акад. В.В. Парина.

В 1971 году центр исследований переместился в Симферопольский государственный университет им. М.В. Фрунзе, куда перешли работать Н.А. Темурьянц и В.Б. Макеев. К экспериментам подключились проф. А.М. Сташков, доц. В.Г. Сидякин, студенты факультета естественных наук В.Б. Павленко, И. Хандожко, Е.В. Мешкова (Е.В. Евстафьева) и др. В результате этих исследований была определена зависимость биологической эффективности слабых ЭМП от частоты в диапазоне ,01-100 Гц, описана «амплитудные» окна на каждой частоте (Макеев В.Б.)

Важное значение для доказательства биологической активности столь слабых раздражителей имели исследования комбинированного действия ЭМП с другими факторами. Так, Е.В. Евстафьева, А.В. Михайлов, В.И. Малыгина под руководством Н.А. Темурьянц показали способность ПемП СНЧ ограничивать развитие стресс-реакции на ограничение подвижности. А.Н. Копылов, И. Горохов под руководством проф. А.М. Сташкова обнаружили радиопротекторные действия этого раздражителя.

В 1985 году в издательстве Наукова Думка (Киев) вышла первая монография (Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Владимирский Б.М. «Космическая экология») в которой были не только обобщены полученные результаты, но и сформулированы задачи будущих исследований. Эта работа была удостоена серебряной медали ВДНХ СССР.

В дальнейшем была изучена зависимость биологической активности ПемП СНЧ от индивидуальных особенностей животных (Е.Ю. Грабовская, В.А. Минко, Е.И. Нагаева), описаны изменения биологической ритмики под влиянием этого фактора (В.С. Мартынюк, А.В. Шехоткин, И.Б. Камынина, В.А. Насилевич). Важным этапом этих исследований явилось исследование роли эпифиза в механизмах

физиологического действия ПемП СНЧ (А.В. Шехоткин), исследования взаимосвязи биологической ритмики с ритмикой гелиокосмических факторов (П. А. Григорьев, В.С. Мартынюк ) влияние гелиогеофизических факторов на физико-химические (Ю.Цейлер, П.Калиновский), клеточные (Р. Абу Хадда) и социальные системы (Б.М. Владимирский). Была изучена роль ЦНС в механизмах физиологического действия ПемП СНЧ (В.Г. Сидякин, Н.П. Янова, Е.В. Архангельская, А.В. Кириллова, К. Шумилина, М. Чемоданова). Обширные исследования на различных уровнях организации биологических систем выполнена В.С. Мартынюком.

В 1990 году на кафедре была открыта лаборатория электромагнитной физиологии и биофизики (руководитель проф. Н.А. Темурьянц), что позволило значительно расширить эти исследования.

Параллельно с исследованиями биологического действия ПемП СНЧ в конце 80-х годов начались исследования биоэффектов ЭМП КВЧ. Е.Н. Чуян впервые исследовала зависимость этих эффектов от индивидуальных свойств животных, описала их способность ограничивать развитие стресс-реакции на гипокинезию. В дальнейшем были изучены реакции ЦНС по действию ЭМИ КВЧ (О. Тарасова, В.П. Пономарева), зависимость его действия от параметров излучения (О.В. Хомякова), его влияние на биологическую ритмику (О.Б. Московчук), на неспецифическую резистентность (Н.П. Верко), симпатoadреналовую систему (А.В. Чирский), Нейроиммуноэндокринные механизмы действия ЭМП КВЧ подробно исследованы Е.Н. Чуян, роль опиоидной системы в механизмах действия ЭМИ КВЧ показана в работах М.М. Махониной, Э.Р.Джелдубаевой.

Совокупность описанных работ позволило говорить о Крымской школе электромагнитной биологии, изучающей эффекты слабых электромагнитных воздействий.

Авторитет этой школы признан мировым научным сообществом. Свидетельством тому являются публикации в престижных изданиях, высокий Impact Index, монографии, награжденные престижными премиями (госпремия АРК, премии им. В.И. Вернадского ТНУ) патенты на изобретения Украины и России, десятки защищенных кандидатских и 5 докторских (Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Чуян Е.Н., Мартынюк В.С.) диссертаций, участие в Международных проектах (Сорегnicus), гранты на исследования (Соровские гранты, МОНУ), заказы на хоздоговорные исследования, многочисленные конференции и симпозиумы при участии крымских ученых. В Крыму с 1995 г. регулярно проводятся международные семинары «Космос и биосфера», в работе которых принимают участие ученые Украины, России, Италии, США и т.д., проводились конференции различного уровня по данной проблеме. Сотрудники кафедры являются членами многих международных научных обществ (Европейское и Американское биоэлектромагнитные общества, Международное биометеорологическое общество, Международный союз по исследованию малоизученных факторов среды, физиологическое и биофизическое общества Украины и др.). Многочисленные ученики работают в различных научных учреждениях Украины, ближнем и дальнем зарубежье.

Лаборатория и кафедра имеет тесные научные контакты с многочисленными научно-исследовательскими институтами: Институтом космических исследований РАН, Институтом биофизики РАН, Институтом физиологии им. А.А. Богомольца

НАНУ, Киевским национальным университетом им. Т.Г. Шевченко, Московским государственным университетом, Санкт-Петербургским университетом, Институтом нейрофизиологии РАН и т.д.

Учитывая высокий уровень проводимых исследований в 2002 году на кафедре открыта новая специальность – Биофизика, специализация «Медицинская биофизика». В 2004 году открыт специализированный Совет по защите кандидатских диссертаций по специальности «Биофизика» и «Физиология человека и животных».

В настоящее время исследования электромагнитных воздействий ведутся на новом методическом уровне. Учитывая высокую терапевтическую активность ЭМИ КВЧ под руководством проф. Е.Н. Чуян изучаются механизмы его действия на здоровых людей. Эти исследования проводятся на базе отдельного подразделения кафедры – Центра коррекции функционального состояния, созданного в 2007 году. Начаты исследования эффектов ослабленных магнитных полей, возникающих при экранировании. Нет сомнения в том, что в ближайшее время будут получены новые результаты, которые внесут вклад в дальнейшее развитие биофизических исследований в Таврическом национальном университете. Гарантией этого являются многочисленные ученики, успешно продолжающие биофизическое исследование.

Список диссертаций, защищенных сотрудниками кафедры физиологии человека и животных и биофизики по данной проблематике

Докторские диссертации

1. Темурьянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений. Докторская диссертация защищена в 1989 г.
2. Сидякин В.Г. Реакция нервной системы человека и животных на воздействие сверхнизкочастотных электромагнитных полей естественного и искусственного происхождения. Докторская диссертация защищена в 1989 г.
3. Владимирский Б.М. Физика солнечно-земных связей. Докторская диссертация защищена в 1995 г.
4. Чуян О.М. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти. Докторская диссертация защищена в 2004 г. Научный консультант – профессор Темурьянц Н.А.
5. Мартынюк В.С. Молекулярно-клеточные механизмы действия ПеМП СНЧ. Докторская диссертация защищена в 2008 г.

Кандидатские диссертации

1. Макеев В.Б. Экспериментальное исследование физиологического действия электромагнитных полей инфранизкой частоты на систему крови животных. Кандидатская диссертация защищена в 1979 г. Научный руководитель – проф. Вольнский А.М.
2. Евстафьева Е.В. Коррекция показателей липидного обмена и системы крови слабым переменным магнитным полем инфранизкой у животных в условиях гипокинезии. Кандидатская диссертация защищена в 1983 г. Научный руководитель – доц. Темурьянц Н.А.
3. Янова Н.П. Влияние неионизирующих излучений на условно-рефлекторную деятельность животных. Кандидатская диссертация защищена в 1986 г. Научный руководитель – доц. Сидякин В.Г.
4. Малыгина В.И. Симпатоадреналовая система крыс при адаптации к гипокинезии. Кандидатская диссертация защищена в 1989 г. Научный руководитель – доц. Темурьянц Н.А.
5. Чуян Е.Н. Влияние миллиметровых волн нетепловой интенсивности на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями. Кандидатская диссертация защищена в 1992 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
6. Архангельская Е.В. Динамика высшей нервной деятельности крыс на фоне гелиогеофизических флуктуаций. Кандидатская диссертация защищена в 1992 г. Научный руководитель – проф. Сидякин В.Г.

7. Сулимова О.П. Электро- и психофизиологические реакции человека на периферическое воздействие низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высоких частот. Кандидатская диссертация защищена в 1992 г. Научный руководитель – проф. Сидякин В.Г.
8. Грабовская Е.Ю. Реакция крыс с различными индивидуальными особенностями двигательной активности на действие слабого ПемП СНЧ Кандидатская диссертация защищена в 1992 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
9. Мартынюк В.С. Влияние слабых переменных магнитных полей инфранизких частот на временную организацию физиологических процессов. Кандидатская диссертация защищена в 1992 г. Научный руководитель – проф. Сташков А.М.
10. Горохов И.Е. Магнитоиндуцированное повышение резистентности животных при фракционном рентгеновском облучении в малых дозах. Кандидатская диссертация защищена в 1994 г. Научный руководитель – проф. А.М. Сташков.
11. Пентегова С.Е. Инфраничные ритмы функционального состояния кардиореспираторной системы и их изменение под влиянием физических факторов у больных хроническим бронхитом. Кандидатская диссертация защищена в 1994 г. Научный руководитель – проф. Сташков А.М.
12. Чемоданова М.А. Влияние факторов внешней среды на зоосоциальное поведение крыс. Кандидатская диссертация защищена в 1994 г. Научный руководитель – проф. В.Г. Сидякин.
13. Шуმიлина К.А. Пространственно-моторная асимметрия в поведенческих реакциях крыс. Кандидатская диссертация защищена в 1994 г. Научный руководитель – проф. В.Г. Сидякин.
14. Хомякова О.В. Зависимость биологической эффективности ЭМИ КВЧ от длины волны и продолжительности воздействия. Кандидатская диссертация защищена в 1995 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
15. Кириллова А.В. Возрастные и половые особенности поведения крыс при действии переменных магнитных полей. Кандидатская диссертация защищена в 1995 г. Научный руководитель – проф. В.Г. Сидякин.
16. Шехоткин А.В. Влияние переменного магнитного поля сверхнизкой частоты на инфраничную ритмику количественных и функциональных характеристик лейкоцитов крови у интактных и эпифэктомированных крыс. Кандидатская диссертация защищена в 1995 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
17. Наслевич В.А. Изменение инфраничной ритмики некоторых физиологических процессов, контролируемых эпифизом, у интактных и эпифизэктомированных крыс при действии переменного магнитного поля сверхнизкой частоты. Кандидатская диссертация защищена в 1996 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
18. Сышко Д.В. Показатели центральной кардиогемодинамики у спортсменов с различными биоритмотипами в покое и при выполнении физических нагрузок в разные часы суток. Кандидатская диссертация защищена в 1996 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
19. Пархоменко А.И. Динамика показателей кислотно-щелочного гомеостаза у особей с разнообразными биоритмотипами при выполнении физических нагрузок в разное время суток. Кандидатская диссертация защищена в 1996 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
20. Московчук О.Б. Вплив низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвичайно високої частоти на інфрадіанну ритміку фізіологічних процесів. Кандидатская диссертация защищена в 2003 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
21. Чирський М.В. Модифікація неспецифічних адаптаційних реакцій за допомогою низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти. Кандидатская диссертация защищена в 2003 г. Научный руководитель – доцент Чуян Е.Н.
22. Рема Шехда Хасан Абу Хадда Реакції тучних клітин на дію слабких магнітних полів вкрай низьких частот. Кандидатская диссертация защищена в 2003 г. Научный руководитель – доц. Мартынюк В.С.
23. Верко Н.П. Функціональна активність нейтрофілів крові щурів при розвитку адаптаційних реакцій різного типу. Кандидатская диссертация защищена в 2003 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
24. Мінко В.О. Інфрадіанна ритміка фізіологічних процесів у щурів із низькою руховою активністю у відкритому полі при дії слабого змінного магнітного поля наднизької частоти. Кандидатская диссертация защищена в 2005 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
25. Пономарьова В.П. Роль індивідуального профілю функціональної асиметрії людини і тварин у реалізації фізіологічної дії низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти. Кандидатская диссертация защищена в 2004 г. Научный руководитель – доц. Чуян Е.Н.
26. Шишко О.Ю. Інфрадіанна ритміка стрес-реалізуючих систем і показників неспецифічної резистентності нейтрофілів периферичної крові щурів при гіпокінетичному стресі. Кандидатская диссертация защищена в 2005 г. Научный руководитель – проф. Темурьянц Н.А.
27. Григор'єв П.С. Зв'язок інфрадіанної ритміки фізіологічних процесів у тварин з варіаціями геліогеофізичних

- факторів. Кандидатская диссертация защищена в 2005. г. Научный руководитель – доц. Мартынюк В.С.
28. Калиновский П.С. Вплив змінних магнітних полів надто низької частоти на гідрофобні взаємодії у білкових розчинах. Кандидатская диссертация защищена в 2005. г. Научный руководитель – доц. Мартынюк В.С.
  29. Нагаева Е.И. Інфрадіанна рігмика фізіологічних процесів у шурів з високою активністю під впливом над низькочастотного магнітного поля. Кандидатская диссертация защищена в 2006 года. Научный руководитель – проф. Н.А. Темурьянц.
  30. Джелдубаева Е.Р. Антиноцицептивна дія низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти. Кандидатская диссертация защищена в 2007 г. Научный руководитель – проф. Чуян Е.Н.
  31. Махонина М.М. Біологічна дія ЕМВ НВЧ в умовах блокади рецепторів опіоїдних пептидів. Кандидатская диссертация защищена в 2008 г. Научный руководитель – проф. Чуян Е.Н.

Основные публикации

1. Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Владимирский Б.М. Космическая экология – Киев: Наук.думка, 1985. – 150 с.
2. Владимирский Б.М., Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Самохвалов В.П. Космос и биологические ритмы. – Симферополь, 1995. – 206 с.
3. Темурьянц Н.А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г. Сверхнизкочастотные электромагнитные поля в биологическом мире. – Киев: Наук.думка, 1992. – 188 с.
4. Магнитные поля и радиорезистентность организма / Сидякин В.Г., Сташков А.М., Копылов А.М., Горохов И.Е., Мартынюк В.С., Янова Н.П./ – Симферополь: СГУ им .М.В. Фрунзе, 1999. – 286 с.
5. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу.– М.: МНЭПУ, 2000. – 374 с.
6. Чуян Е.Н., Темурьянц Н.А., Московчук О.Б., Чирский Н.В., Верко Н.П., Туманянц Е.Н., Пономарева В.П. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. Монография. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.
7. Чуян Е.Н., Темурьянц Н.А., Пономарева В.П., Чирский Н.В. Функциональные асимметрии у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона. Монография. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2004. – 440 с.
8. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., Мартынюк В.С. Космическая погода и наша жизнь.– М.: Изд-во «Век-2», 2004.– 221 с.
9. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения. Монография – Симферополь: ДИАЙПИ, 2006. – 456 с.

Temuriatz N.A. Biophysical researches in an university in our days // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 18-23.

Information is presented about biophysical researches, conducted on the department of physiology of man and animals and biophysics of the Tavrida National V.I.Vernadsky University for the last 40 years. These researches touch the study of biological action of low intensity of the electromagnetic fields of extremely low and extremely high frequencies, biorhythmic.

Keywords: of low intensity the electromagnetic fields of extremely low and extremely high frequencies, biorhythmic, department of physiology of man and animals and biophysics.

Темурьянц Н.А. Біофізичні дослідження в університеті в наші дні // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 18-23.

Представлені відомості про біофізичні дослідження, що проводяться на кафедрі фізіології людини і тварин і біофізики Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського за останні 40 років. Ці дослідження стосуються вивчення біологічної дії низькоінтенсивних електромагнітних полів наднизьких і надвисоких частот, біоритміки.

Ключові слова: низькоінтенсивні електромагнітні поля наднизьких і надвисоких частот, біоритміка, кафедра фізіології людини і тварин і біофізики.

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.

УДК 581.526.45

## БОТАНИКИ ТАВРИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА (К 90-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ БОТАНИКИ)

Котов С.Ф.

В статье приведены сведения о научной, педагогической и организаторской деятельности профессоров Таврического университета (1918-1921) Н.И.Кузнецова, Г.Ф.Морозова, Е.В.Вульфа. Отмечена их основополагающая роль в разработке основных направлений научных исследований кафедры ботаники Таврического национального университета им. В.И.Вернадского.

Ключевые слова: ботаника, Таврический университет, Кузнецов Н.И., Морозов Г.Ф., Вульф Е.В.

Организация Таврического университета в Крыму способствовала тому, что в его стенах сконцентрировались высокопрофессиональные научные и педагогические кадры. Основанный 14 октября 1918 года Таврический университет просуществовал до середины января 1921 года – к этому времени он был реорганизован и переименован в Крымский университет имени М.В.Фрунзе [1]. Эти годы были определяющими в становлении университета, создании его структурных подразделений и определении основных направлений научных исследований. В созвездии имен выдающихся ученых, чьи судьбы были связаны с Таврическим университетом, достойнейшее место занимают имена профессоров Николая Ивановича Кузнецова, Георгия Федоровича Морозова, Евгения Владимировича Вульфа. Научная и организаторская деятельность этих ученых явилась основой к созданию кафедры ботаники Таврического университета, становлению и развитию ее как учебного и научного образования в составе университета.

Кафедра ботаники Таврического университета, а в дальнейшем и его правопреемников (Крымский университет им. М.В.Фрунзе, Крымский государственный педагогический институт им. М.В.Фрунзе, Симферопольский государственный университет им. М.В.Фрунзе, Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского) была создана на основе ботанического кабинета, организованного по инициативе профессора Н.И.Кузнецова.

Один из инициаторов создания университета в Крыму, первый декан физико-математического факультета, блестящий ученый и педагог, профессор Н.И.Кузнецов оставил заметный след в истории Таврического университета.

В отечественную ботаническую науку Н. И. Кузнецов вошел как крупный ботанико-географ, флорист и систематик, выдающийся организатор науки, талантливый и чуткий педагог – университетский профессор.

Н. И. Кузнецов родился 17 декабря 1864 г. в Петербурге. В 1875 г. родители определили его в 3-ю Петербургскую военную гимназию; после окончания этой гимназии он сдал экзамены на аттестат зрелости при 7-й Петербургской гимназии в

1884 г. и осенью того же года поступил на естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета. По окончании университета, в 1888 г. Н. И. Кузнецов был направлен в ведение Министерства государственных имуществ. В это время он изучает кавказскую флору, что в последующем стало одним из главных дел его жизни – исследованию флоры этого региона он посвятил 30 лет.

В 1895 г. Н. И. Кузнецов защитил в Петербургском университете магистерскую диссертацию и получил степень магистра ботаники. Степень доктора ботаники *honoris causa* была присуждена ему Новороссийским (Одесским) университетом в 1911 году.

В октябре 1895 г. Н. И. Кузнецов переехал в Юрьев (Дерпт), где занял кафедру ботаники и проработал 20 лет профессором кафедры и директором ботанического сада Юрьевского университета. Юрьевский период жизни Н.И. Кузнецова был одним из самых плодотворных. Здесь он основал научный ботанический журнал «Труды Ботанического сада Юрьевского ун-та» (1900 - 1915), продолжил изучение флоры и растительности Кавказа с изданием критической флора Кавказа «*Flora caucasica critica*».

Н.И. Кузнецов создал ряд оригинальных университетских курсов и опубликовал на их основе учебники, среди которых центральное место занимают «Введение в систематику цветковых растений» (1914, 1936 гг.) и «Основы ботаники» (1914, 1915, 1919 гг.) [2]. Николай Иванович является одним из пионеров в области охраны природы в России – благодаря его деятельности удалось сохранить памятники природы на Кавказе [3]. Признание научных заслуг Н. И. Кузнецова выразилось в избрании его в 1904 г. членом-корреспондентом Академии наук.

В 1915 г. Н. И. Кузнецов получает назначение на пост директора Никитского ботанического сада в Крыму. Николай Иванович совместно с Е.В. Вульфом создал в саду Ботанический кабинет и Гербарий, организовал закладку питомника лекарственных и ароматических трав, заложил экспозицию местной флоры по предложенной им филогенетической системе [4]. В Крыму он продолжает издавать научный журнал «Вестник русской флоры».

Организаторский талант Н.И. Кузнецова в полной мере проявился при создании Таврического университета. Вначале, университет был открыт 11 мая 1918 г., в Ливадии, как филиал Киевского университета Св. Владимира [1]. Кузнецов произнес вступительное слово и прочитал актовую речь на тему «Происхождение цветка и цветковых растений». Таврический университет, как самостоятельное высшее учебное заведение, открывается 14 октября 1918 г. Н.И.Кузнецов – первый декан физико-математического факультета, в составе которого было естественное отделение, и ординарный профессор университета.

Н.И. Кузнецов был одним из инициаторов приглашения в университет академика Владимира Ивановича Вернадского, впоследствии ставшего ректором Таврического университета. Н.И. Кузнецов ранее неоднократно встречался с В.И.Вернадским, через Кузнецова академик Вернадский передал заявление, в котором выразил желание прочесть курс лекций по геохимии. 14 февраля 1920 г. Совет физико-математического факультета, во главе с его деканом,

Н.И.Кузнецовым, удовлетворил эту просьбу [5]. Кузнецов видел в Вернадском крупного мыслителя планетарного масштаба, ректора, который в тяжелые времена гражданской войны своими делами и авторитетом способствовал сохранению Таврического университета, заботился о студентах и преподавателях. В связи с этим весьма показательны воспоминания Натальи Егоровны Вернадской, которая пишет, что когда В.И.Вернадский хотел уехать за границу, для того, чтобы спокойно заниматься наукой, то «... его сослуживцы во главе с профессором Кузнецовым никак не хотели согласиться с его отъездом, с уходом его из ректорства. Во главе с Кузнецовым к нему пришла депутация профессоров с просьбой не уезжать и не оставлять Таврического университета, где его труды в качестве ректора, по их мнению, были необходимы.» [5 : с.161]. Владимир Иванович, в свою очередь, высоко оценивал и поддерживал научную деятельность Кузнецова.

Н.И. Кузнецов, будучи профессором Таврического университета, разработал ряд ботанических курсов, опубликовал несколько учебников (в том числе и один из первых учебников Таврического университета – «География растений») и учебных пособий, которые не утратили актуальности и по сей день (см. [6]).

17 ноября 1920 г. Крым был занят Красной армией, началось незамедлительное реформирование Таврического университета. В 1921 г. Н. И. Кузнецов переехал в Петроград, где продолжил свою педагогическую, организаторскую и научную деятельность [5]. Среди прочего, он преподавал и заведовал кафедрой географии и экологии растений в Ленинградском университете, организовал Отдел геоботаники в Ботаническом институте АН СССР и заведовал им, провел большую работу по составлению геоботанических карт различных районов СССР.

Н.И.Кузнецов опубликовал около 400 книг, статей, критических обзоров, рефератов и рецензий, он был активным членом многих научных обществ России и имел различные научные награды (в частности золотую медаль им. П. П. Семенова-Тян-Шанского) [2, 6].

Скончался Н. И. Кузнецов 22 мая 1932 г., оставив о себе память как ученый-ботаник с мировым именем, талантливый университетский педагог, выдающийся общественный деятель, патриот, внесший неоценимый вклад в развитие просвещения и науки в России.

Фундамент для становления и последующего развития научного направления по исследованию флоры и растительности на кафедре ботаники был заложен также научными трудами выдающегося лесоведа Г.Ф.Морозова, работавшего в Таврическом университете в первые годы его существования [7].

Крупнейший отечественный ученый-лесовед, автор всемирно известного «Учения о лесе», работал в Таврическом университете ординарным профессором лесоведения в 1918-1920 г.г. [8]. Профессор Морозов, основоположник современного лесоведения и лесоводства, рассматривал лес как совокупность растительных сообществ, как явление ботанико-географическое и ботанико-социальное. Г.Ф.Морозов создал учение о типах насаждений и их классификации, о сменах лесных пород, обосновал теоретические положения рубок и лесовозобновления, разработал основные методы и приемы лесоразведения

Родился Георгий Федорович в январе 1867 года, в Петербурге. Окончив Александровский кадетский корпус, а затем Павловское военное училище, где получил звание офицера артиллерии, Морозов поступил в Петербургский лесной институт. После окончания института в 1894 г., он работает помощником лесничего, лесничим, стажуется за границей. В 1901г. Г.Ф. Морозов был избран по конкурсу заведующим кафедрой в Петербургском Лесном институте (впоследствии Лесная академия). Преподавательскую работу Георгий Федорович сочетал с исследовательской. Взгляды Г.Ф.Морозова на природу леса послужили фундаментом для развития фитоценологии. Его ученик, академик В.Н.Сукачев, писал: "...Морозов, как никто другой, наполнил богатым содержанием понятия "растительное сообщество" и "фитосоциология" и показал практическое значение последней. ... Он как лесовод рано понял практическое значение этого раздела ботаники, впервые прекрасно показал это и настаивал на том, что учение о растительных сообществах является теоретической научной основой лесоводства" [9].

Последние годы жизни Г.Ф.Морозова связаны с Таврическим университетом. С момента основания университета в Крыму Морозов является ординарным профессором и читает лекции по лесоведению и лесоводству [1]. Здесь же, на основе лекций, читанных в Таврическом университете, он пишет свой последний труд - "Основания учения о лесе"; книга вышла в 1920 г., в Симферополе с подзаголовком «Лекции читанные в Таврическом университете». Георгий Федорович четко представлял себе ту огромную климатообразующую роль, которую выполняют крымские леса и принимал активное участие в работе по созданию заповедника в Горном Крыму (впоследствии Крымский природный заповедник). Работа в университете свела вместе двух выдающихся ученых - Георгия Федоровича Морозова и Владимира Ивановича Вернадского. В.И. Вернадский высоко ценил научные заслуги и преподавательский труд профессора Морозова, отзываясь о нем как о "настоящем натуралисте с творческим умом" [5]. Когда 9 мая 1920 года Морозова не стало, то В.И.Вернадский опубликовал статью памяти ученого, в которой отмечал, что Г.Ф. Морозов "...проник в природу русского леса так глубоко, как не проникали в него другие" [5:260]. До самого последнего дня Георгий Федорович оставался верен науке, Таврическому университету - по словам Вернадского "...в последнем разговоре он говорил ... о своих планах о неоконченной, но напечатанной работе - лекциях лесоводства, о делах факультета..." (цит. по [5]).

Похоронен Г.Ф.Морозов на территории Ботанического сада Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Именем Георгия Федоровича названа одна из аудиторий университета, лучшие студенты биологического факультета удостоиваются стипендии имени профессора Морозова.

В 1920 г. на кафедру ботаники Таврического университета был приглашен Евгений Владимирович Вульф. Вскоре он избирается профессором кафедры ботаники, а затем, после отъезда Н.А.Кузнецова в Петроград, становится заведующим кафедрой вплоть до 1926 года. Этот период характеризуется интенсивной работой по исследованию флоры и растительности Крыма, в которых участвуют сотрудники кафедры. Коренной крымчанин, Евгений Владимирович

Вульф, сделал для изучения растительного мира полуострова так много, как никто другой; из 235 его работ, изданных при жизни ученого, 114 посвящены природе Крыма. Венцом научной деятельности Е.В.Вульфа следует считать многотомную «Флору Крыма», которая продолжалась и после смерти ученого. Это издание объединило творческие силы большого количества ботаников из Крыма, Киева, Ленинграда, Москвы и других городов страны. «Флора Крыма» представляет собой результат инвентаризации растений Крыма и до сих пор служит основой для оценки фиторазнообразия полуострова, охраны его биоты и рационального использования.

Евгений Владимирович родился в Симферополе 25 мая 1885 года, в 1894-1903 гг. обучался в Симферопольской мужской гимназии. Богатейшая крымская природа определила его профессиональный выбор - увлечение естествознанием в детстве переросло в стойкое желание стать ботаником. Ботанике Вульф обучался в Московском университете и продолжил свое образование в Венском университете, который закончил в 1909 г. [10]. В 1910 г. Е.В.Вульф защищает диссертацию на степень доктора философии и работает в Московском ботаническом саду. В 1914 г. после получения степени магистра ботаники Вульф получает назначение в Никитский ботанический сад. С этого времени он интенсивно занимается изучением флоры и растительности своего родного Крыма. До 1926 года Евгений Владимирович трудится в Крыму; здесь он заведует Ботаническим кабинетом Никитского ботанического сада, а после революции избирается директором сада, и с 1921 г. возглавляет кафедру ботаники в Таврическом университете. В 1926 году Вульф переезжает в Ленинград, где работает во Всесоюзном институте растениеводства.

В 1936 году Евгению Владимировичу Вульфу по совокупности работ, без защиты диссертации, присвоена ученая степень доктора биологических наук. Огромная эрудиция Евгения Владимировича Вульфа, великолепное знание мировой ботанической литературы, беззаветная преданность науке нашли выход в его научных трудах, которые охватывают большинство разделов ботаники. Научные труды Е.В.Вульфа, среди которых заметное место занимают капитальные монографические исследования, посвящены вопросам ботанической географии, филогенетической систематике отдельных семейств и родов растений, полезным субтропическим и тропическим растениям, истории ботаники и, конечно же, флоре и растительности Крыма.

Служение науке было безвременно прервано в годы войны - Евгений Владимирович Вульф был убит осколком вражеского снаряда в осажденном Ленинграде 21 декабря 1941 г. в возрасте 56 лет. Его научное наследие было столь велико, что уже после смерти Евгения Владимировича выходят капитальные монографические сводки, среди которых один из главных трудов жизни «Историческая география растений» (1944), а также «Мировые ресурсы полезных растений» (1966, в соавторстве с О.Ф.Малеевой), «Культурная флора Земного шара» (1987).

Как уже отмечалось, с самых ранних лет и в течение всей жизни флора и растительность Крыма была одним из главных объектов исследовательской деятельности Евгения Владимировича Вульфа. В первую очередь необходимо назвать задуманную Евгением Владимировичем «Флору Крыма». Это был первый после

работы Стевена (1856-1857 гг.) полный критический обзор крымских видов растений. В ходе работы над “Флорой...”, трудом Е.В.Вульфа и С.С.Станкова еще в 1917-1930 гг., была заложена главная основа современного гербария Никитского ботанического сада, являющегося ныне крупнейшим хранилищем видового состава флоры Крыма. Работа в Таврическом университете способствовала приумножению гербария университета; ныне коллекция Е.В.Вульфа в гербарии Таврического национального университета им. В.И. Вернадского (SIMF) насчитывает 343 гербарных листа [11]. Отличительной особенностью «Флоры Крыма» является тщательность обработки, обширные сведения по географии и истории видов. При жизни ученого вышло 3 выпуска этого уникального издания, но остались материалы, остались продолжатели труда Евгения Владимировича. Оставшиеся тома “Флоры...” вышли под редакцией Сергея Сергеевича Станкова и Николая Ивановича Рубцова, а памятником труду ученого на обложках книг стоял авторский титул - “Е.В.Вульф. Флора Крыма.”

Научные направления, основанные профессорами Кузнецовым, Морозовым, Вульфом нашли свое продолжение на кафедре ботаники в современный период. Продолжением традиций морозовской школы лесоведения является научная деятельность кафедры по изучению лесов Крыма. Эти работы возглавил профессор В.Г.Мишнев, который заведовал кафедрой ботаники с 1976 по 1991 г.г. Объектами изучения становятся буковые и дубовые леса, устанавливаются причины регулирующие их продуктивность, разрабатываются методы ее повышения. Итогом работ в этом направлении стала монография В.Г.Мишнева «Воспроизводство буковых лесов Крыма». Одновременно разрабатывается природоохранная тематика – в рамках комплексной межкафедральной темы «Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана» изучается влияние антропогенного фактора на растительность, исследуются популяции редких и исчезающих растений, дикорастущих полезных растений, растений-интродуцентов, ценных в хозяйственном отношении. Издаются сборники научных трудов, учебные пособия по изучению растительности полуострова (Мишнев В.Г., Вахрушева Л.П., Котов С.Ф. «Учебная практика по геоботанике» - Киев, 1988).

Последние полтора десятилетия (зав.кафедрой доц. С.Ф.Котов – с 1991 г.) направление по изучению растительного мира Крыма нашло свое продолжение в изучении растительности засоленных земель; под руководством С.Ф.Котова изучается структура галофитной растительности, факторы влияющие на ее распределение, система взаимоотношений в сообществах растений-галофитов, аспекты популяционной биологии галофитов, особенности их анатомии, морфологии. По этой тематике в период с 2000г. по 2006 г. защищены 3 кандидатские диссертации (доц. Репецкая А.И., асс. Жалдак С.Н., асс. Симагина Н.О. – научный руководитель С.Ф.Котов); в данный момент исследования галофитной растительности продолжают С.Ф.Котов, С.Н. Жалдак, Н.О. Симагина, аспирант кафедры Е.А.Калинушкина. Продолжается изучение лесных сообществ (проф. В.Г.Мишнев, ст.пр. В.В.Леонов), популяций редких и исчезающих растений (доц. Вахрушева Л.П.), эфиромасличных и других хозяйственно-ценных видов растений (доц. Бирюлева Э.Г., доц. Лысякова Н.Ю.), паразитических грибов (доц. Просяникова И.Б.). Итоги научных исследований публикуются в научном журнале «Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана» (гл. ред. проф. Мишнев В.Г.), который занесен в список специальных изданий ВАК Украины. Практическое

применение нашли работы кафедры по экспертизе растительности при строительстве ветроэлектростанций в Крыму (Котов С.Ф., Вахрушева Л.П.), создании «Атласа Крыма» (Вахрушева Л.П.), а также комплекс научных изысканий по организации ботанического сада университета (научный руководитель – Котов С.Ф.). Логическим продолжением работ по созданию ботанического сада, как объекта садово-паркового искусства, явилось открытие специальности «Лесное и садово-парковое хозяйство» (2006 г.). При участии сотрудников кафедры – С.Ф.Котова, Л.П.Вахрушевой, Э.Г.Бирюлевой, создан ряд природоохранных объектов.

#### Список литературы

1. История Таврического университета (1918-2003) / Под общей ред. Н.В.Багрова. – К.: Либідь, 2003. – 248 с.
2. Липшиц С.Ю. Русские ботаники. Т.4. – М.: МОИП, 1952.– С. 564 - 580.
3. Липшиц С.Ю. Николай Иванович Кузнецов // Бот. журн. – 1957. – Т. 42, №9. - С.1307 – 1314.
4. Молчанов Е.Ф., Рубцов Н.И. Никитский ботанический сад. – Киев: Наукова думка, 1986. – 150 с.
5. Багров Н.В., Ена В.Г., Лавров В.В. В.И.Вернадский и Крым: люди, места, события... - К.: Либідь, 2004. – 312 с.
6. Котов С.Ф. Николай Иванович Кузнецов - ученый-ботаник, педагог, организатор науки (к 140-летию со дня рождения) // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. - 2004. - Вып. 14. – С. 170-173.
7. Мишнев В.Г., Котов С.Ф. Корифей лесной науки (к 85-летию со дня смерти Георгия Федоровича Морозова) // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. - 2005. - Вып. 15. – С. 182-186.
8. Профессора Таврического национального университета им. В.И.Вернадского (1918-2000) / Под ред. Багрова Н.В., Ены В.Г., Шарапы В.Ф., Урсу Д.П. – К.: Либідь, 2000. - 120 с.
9. Трасс Х.Х. Геоботаника. История и современные тенденции развития. - Л.: Наука, 1976. - 252 с..
10. Липшиц С.Ю. Евгений Владимирович Вульф как ботаник // Вульф Е.В. Историческая география растений. История флор Земного шара. – М.:Л.: Изд-во АН СССР, 1944. – 546 с.
11. Котов С.Ф., Вахрушева Л.П., Репецкая А.И. Значение научного наследия Е.В.Вульфа для современных фитоценологических исследований Крыма // Евгений Владимирович Вульф – крупнейший крымский флорист XX века. – К.: Стилос, 2002. – 218 с.

Котов С.Ф. Ботаніки Таврійського університету (до 90-літтю кафедр ботаніки) // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 24-30.

У статті приведені зведення про наукову, педагогічну і організаційську діяльність професорів Таврійського університету (1918-1921) М.І.Кузнецова, Г.Ф.Морозова, Е.В.Вульфа. Відмічена їх основоположна роль в розробці основних напрямів наукових досліджень кафедри ботаніки Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського.

Ключові слова: ботаніка, Таврійський університет, Кузнецов М.І., Морозов Г.Ф, Вульф Е.В.

Kotov S.F. Botanists of the Taurida university (to 90-anniversary of botany department) // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 24-30.

In the article there is information about scientific, pedagogical and organizational activity of professors of the Taurida university (1918-1921) of N.I.Kuznetsov, G.F.Morozov, E.V.Vulf. Their fundamental role is marked in development of basic directions of scientific researches of botany department of the Taurida V.I.Vernadskiy national university.

Keywords: botanist, Taurida university, N.I.Kuznetsov, G.F.Morozov, E.V.Vulf.

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.

УДК 59(092):378.4 (477.75)

## ВЕДУЩИЕ ЗООЛОГИ ТНУ (К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОСНОВАНИЯ)

Юрахно М.В.

Приведены данные об основных научных достижениях и важнейших автобиографических событиях академика П.П. Сушкина и профессоров И.И. Пузанова, В.М. Боровского, С.Л. Делямуре, А.С. Скрябина.

Ключевые слова: Таврический университет, зоологи П.П. Сушкин, И.И. Пузанов, В.М. Боровский, С.Л. Делямуре, А.С. Скрябин.

Наиболее значительный вклад в развитие кафедры зоологии ТНУ внесли академик Сушкин Петр Петрович, а также профессора Пузанов Иван Иванович, Боровский Владимир Максимович, Делямуре Семен Львович и Скрябин Александр Сергеевич. Последние 20 лет кафедрой руководит автор настоящей статьи.

Академик П.П. Сушкин в 1919-1912 гг. работал сверхштатным ординарным профессором кафедры зоологии позвоночных Таврического университета. Заведовал зоотомическим кабинетом. К тому времени он успел уже пройти значительную часть своего жизненного пути. Родился 27 января (8 февраля) 1868 года в Туле. В 1877 году поступил в Тульскую классическую гимназию, которую успешно закончил в 1885 году. Осенью того же года был зачислен на естественное отделение физико-математического факультета Московского университета. Окончил его в 1889 году и был оставлен для подготовки к профессорскому званию. В 1893 году сдал экзамен на степень магистра, а 7 февраля 1897 года защитил магистерскую диссертацию на тему “К морфологии скелета птиц”. Она была отмечена АН премией имени Кесслера. С 1897 по 1901 гг. П.П. Сушкин занимал должность лаборанта на кафедре сравнительной анатомии и руководил практикумом по курсу, который читал М.А. Мензбир. В 1901 году был избран приват-доцентом Московского университета и профессором зоологии Московских высших женских курсов. В 1904 году защитил докторскую диссертацию “К морфологии скелета птиц: 1. Сравнительная анатомия дневных хищников и вопросы классификации: 2. Сокола и их ближайшие родственники”. После защиты уехал в Среднюю Азию для орнитологических и лепидоптерологических исследований. В 1909 году был избран профессором Харьковского университета, где проработал до 1919 года, до переезда в Крым. Будучи профессором Таврического университета одновременно трудился в естественноисторическом музее (Симферополь). В 1921 году переехал в Ленинград, где оставался до конца жизни. С 1923 года академик АН СССР. С 1924 года почетный член Британского Орнитологического Союза и Американского Союза орнитологов. С 1927 года академик-секретарь отделения физико-математических наук АН СССР, заведующий Орнитологическим отделением зоологического музея,

активный сотрудник ряда других академических учреждений. Награжден золотой медалью. Автор 103 научных работ, в том числе монографических [1-7]. Палеонтологические исследования посвящены происхождению наземных позвоночных, изучению древнейших их представителей – стегоцефалов и зверозубых пресмыкающихся. Умер 17 сентября 1928 года в Кисловодске. Похоронен в Ленинграде.

Профессор И.И. Пузанов родился 25 мая (н.с.) 1885 года в Курске. В 1911 году окончил естественное отделение физико-математического факультета Московского университета. В 1906-1907 гг. слушал лекции (стажировался) в Гейдельбергском и Лейпцигском университетах. В студенческие годы участвовал в экспедициях на Черном море (1909 г.) и по северо-востоку Африки (1910 г.). В 1917 году трудился синоптиком на метеостанции Черноморского флота в Севастополе. С мая 1918 года – лектор, ассистент, а с октября – приват-доцент Таврического университета. С 1919 по 1922 гг. – ассистент кафедры зоологии позвоночных. В 1922 году избран профессором Крымского университета. С 1922 по 1933 гг. заведует кафедрой зоологии позвоночных. Параллельно занимает другие должности: с 1922 по 1926 гг. – лектор крымского рабочего факультета, в 1926–1932 гг. – заведующий отделом природоведения Центрального музея Тавриды, в 1926-1931 гг. – ученый секретарь, а в 1932-1933 гг. – директор Крымского научно-исследовательского института. В 1927-1929 гг. участвовал в создании Крымского государственного заповедника. В 1933 году переезжает в г. Горький, где в университете организует кафедру зоологии позвоночных. Связи с Крымом не порывает. В 1947-1949 гг. возглавил сектор зоологии Крымского отделения АН СССР. Был на редкость эрудированным зоологом. Занимался фаунистикой, систематикой и экологией наземных животных, а также зоогеографией, охраной природы, охотничьим хозяйством, ихтиологией, сравнительной анатомией, палеонтологией, антропологией, дарвинизмом и другими общими вопросами биологии. Был замечательным педагогом, талантливым писателем-популяризатором, поэтом, переводчиком с трех иностранных языков. До сих пор популярны его книги “Фауна Крыма” [8], “Крым. Черное море” [9], “Большой каньон Крыма” [10], “По нехоженому Крыму” [11]. В последние годы работал в Одесском университете. Умер 22 января 1971 года.

Профессор В.М. Боровский родился в 1882 году в Москве. Там же получил среднее образование. С 1899 по 1903 гг. учился в Московском техническом училище (ныне МВТУ им. Баумана). С 1904 по 1910 гг. обучался на естественном факультете Гейдельбергского университета (Германия). Получил специальность “зоолог” (физиолог животных). По возвращении в Москву работал в МГУ сначала в лаборатории зоомузея, затем в кабинете гистологии и эмбриологии физмата. В октябре 1918 года был избран физматом на должность старшего ассистента при кафедре зоологии и сравнительной анатомии Саратовского университета. Проработал там до февраля 1921 года. С марта 1921 года по август 1938 года был преподавателем МГУ. Параллельно выполнял многие другие обязанности: был действительным членом института и заведующим лабораторией, служил в Наркомпросе, в 1922 году в Институте научной методологии организовал биостанцию, переименованную по его инициативе в Государственный

биологический институт им. К.А. Тимирязева, который в 1923 году был включен в состав Госинститута экспериментальной психологии. С мая 1936 года был действительным членом этого института, работая в лаборатории зоопсихологии. С 1927 по 1933 гг. выездами трудился в Тверском пединституте, где состоял профессором и заведующим кафедрой, а в 1935-1938 гг. тоже выездами занимал должность профессора Ярославского пединститута.

В октябре 1935 года без защиты диссертации решением ВАК присуждена ученая степень доктора биологических наук по специальности сравнительная психология и физиология.

В 1936 году назначен деканом биологического факультета МГУ, директором научно-исследовательского Института зоологии и директором Института морфогенеза.

В 1938 году на почве переутомления у В.М. Боровского развился туберкулез. После месячного лечения на ЮБК решил остаться в Крыму и был избран заведующим кафедрой зоологии Крымпединститута. 16 июня 1939 года был назначен заместителем директора КПИ по научной и учебной работе. В июне 1941 года стал исполнять обязанности директора. 8 сентября по распоряжению Наркомпроса РСФСР эвакуировал институт в Махачкалу, где Крымпединститут был временно объединен с Дагестанским пединститутом. В.М. Боровский руководил объединенной кафедрой зоологии. После освобождения Крыма от фашистов он был назначен уполномоченным Наркомпроса РСФСР по восстановлению КПИ. Вернулся в Крым в начале июня 1944 года и до 1 апреля 1945 года работал и.о. директора КПИ. С 5 апреля 1945 года – заместитель директора по научной и учебной работе, с июня 1946 года – декан естественного факультета. Был награжден Президиумом ВС СССР “Медалью за доблестный труд в Великой Отечественной войне”. В 1948 году в разгар борьбы с генетиками был оклеветан сослуживцами, в частности доцентом С.Л. Делямуре и уволен как вейсманист-морганист. Примечательно, что именно В.М. Боровским был приглашен С.Л. Делямуре на работу в КПИ из мединститута, где без продвижения по служебной лестнице в течение 11 лет работал ассистентом. В.М. Боровскому было поставлено в вину даже пребывание за границей: в 1904-1910 гг. обучение в гейдельбергском университете (Германия) и в 1929 году участие в работе Международного съезда в Нью-Кэвене (США). Осуждался он и за воспитание двух приемных дочерей (у него было двое родных детей). На самом деле В.М. Боровский был эрудированным ученым, свободно владеющим тремя иностранными языками: английским, немецким и французским. Автор более 50 научных работ, в том числе учебников “Введение в сравнительную психологию” [12], “Основы сравнительной рефлексологии” [13], “Психическая деятельность животных” [14], “Проблемы инстинкта” [15]. В 1950-1963 гг. возглавлял кафедру анатомии, физиологии и зоологии Челябинского государственного педагогического института.

Профессор С.Л. Делямуре родился 9 августа 1913 года в небольшом крымском городке Белогорске (Карасубазаре) в семье учителей. После окончания Белогорской девятилетней школы с 1930 по 1934 гг. обучался на биологическом отделении естественного факультета Крымского педагогического института. Затем трудился лаборантом, а с 1935 года ассистентом Крымского медицинского института. В 1941

году вместе с институтом был эвакуирован в г. Армавир, а в 1942 году в г. Кызыл-Орду Казахской ССР, где в 1943 году защитил кандидатскую диссертацию “Гельминтофауна дельфинов Черного моря”. В 1945 году перешел на кафедру зоологии Крымпединститута. В 1945-1946 и 1947-1948 гг. продолжил сбор гельминтологического материала от черноморских дельфинов. После увольнения профессора В.М. Боровского занял должность заведующего кафедрой зоологии и декана естественного факультета КПИ. В 1950-1952 гг. обучался в докторантуре при АН СССР (гельминтологическая лаборатория) под руководством академика К.И. Скрябина. В 1951 году участвовал в комплексной экспедиции АН СССР в Белом и Баренцевом морях на ледоколе “Леваневский”. Вскрыл 48 гренландских тюленей, трех морских зайцев и одного моржа. В 1953 году защитил докторскую диссертацию “Морфолого-систематический обзор гельминтофауны морских млекопитающих в свете их экологии и филогении”. В 1955 году она была опубликована в виде монографии [16], которая в 1968 году издана в Израиле на английском языке [17]. Всего С.Л. Делямуре опубликовал 112 научных трудов. Основная его заслуга состоит в том, что он создал научную школу своих последователей, благодаря чему возглавляемая им кафедра зоологии сначала Крымпединститута затем Симферопольского госуниверситета превратилась в общепризнанный мировой центр по изучению гельминтов морских млекопитающих. Умер С.Л. Делямуре 3 января 1986 года в г. Симферополе.

Профессор А.С. Скрябин родился 14 сентября 1923 года в Волгограде. Окончил Сталинградскую спецшколу по подготовке военных летчиков и Руставское истребительное училище (Грузия), но военным летчиком стать не довелось. После демобилизации в 1953 году окончил естественный факультет Крымского пединститута. Вся дальнейшая трудовая, научная, педагогическая и организационная работа А.С. Скрябина прошла на кафедре зоологии Крымпединститута – Симферопольского госуниверситета. Он стал первым учеником С.Л. Делямуре. С июля 1951 года работал лаборантом, с августа 1953 года – ассистентом, в 1954-1957 гг. учился в аспирантуре, с 1957 года – ассистент, с сентября 1959 года – старший преподаватель, в 1961 году защитил кандидатскую диссертацию “Гельминтофауна морских млекопитающих Тихого океана и дальневосточных морей”. С 1964 года доцент. В 1976 году защитил докторскую диссертацию “Гельминты морских млекопитающих южного полушария”. С 1979 года профессор. С февраля 1981 года по август 1987 года заведовал кафедрой зоологии Симферопольского госуниверситета. В августе 1994 года ушел на пенсию. Читал лекции по зоологии и сравнительной анатомии беспозвоночных, фауне морей, зоогеографии, дарвинизму. Его научные исследования были посвящены главным образом изучению гельминтов крупных китообразных, обитающих в водах СССР и Мирового океана. Участвовал в дальних экспедициях на Курильские острова (1955), Командоры (1958) и в Антарктику (1963-64 и 1965-66 гг.). Опубликовал 90 научных трудов, в том числе 5 монографических [18-20]. Он вскрыл 302 кита в Северной Пацифике и 2007 китов в южном полушарии. Многосторонне исследовал их внутренних паразитов и на основе полученных гельминтологических данных изучал популяционную структуру морских исполинов. Открыл 18 новых видов, обосновал 4 новых рода, 2 подсемейства и одно надсемейство гельминтов. Открыл самую крупную цестоду.

А.С. Скрыбин внес выдающийся вклад в создание зоологического музея ТНУ. Доставил много ценных экспонатов, написал 8 панорамных полотен для диорам “Антарктика”, “Арктика”, “Командорские острова”, “Африканская саванна”, “Тропический остров”, “Крымский заповедник”, “Пингвины”, “Фауна кораллового рифа”.

Участник Великой Отечественной войны. Награжден 8-ю медалями и 6-ю знаками отличия. Умер 8 апреля 2001 года в г. Симферополе.

#### Список литературы

1. Сушкин П.П. Птицы Тульской губернии. Мат. к позн. флоры и фауны Росс. Имп. – 1892. – Т. 1. – 105 с.
2. Сушкин П.П. Птицы Уфимской губернии. Мат. к познанию фауны и флоры России, ИМП. – 1897. – Т. IV. – 331 с.
3. Сушкин П.П. К морфологии скелета птиц. Череп *Tinnunculus*. Уч. зап. Моск. Унив. – 1897. – 278.
4. Сушкин П.П. К морфологии скелета птиц. Сравнительная остеология дневных хищных птиц (*Accipitres*) и вопросы классификации. П. Сокола и их ближайшие родственники. Уч. зап. Моск. Унив. – 1902. – Вып. XVII. – 414 с.
5. Сушкин П.П. Птицы Средней Киргизской степи. Мат. к позн. фауны и флоры Росс. Имп. – 1907. – Т. VIII. – 803 с.
6. Сушкин П.П. Два направления вариаций окраски у хищных птиц. Дневник XII съезда Русск. Естествоисп. и Врачей. – 1910. – 283 с.
7. Сушкин П.П. Птицы Минусинского края, Западного Саяна и Урянхайской Земли. Мат. к позн. фауны и флоры Росс. Имп. – 1914. – Т. XIII. – 551 с.
8. Пузанов И.И. Фауна Крыма. – Симферополь: Крымгосиздат, 1927. – 37 с.
9. Пузанов И.И. Крым. Черное море. – Симферополь: Крымгосиздат, 1929. – 48 с.
10. Пузанов И.И. Большой каньон Крыма. – Симферополь: Крымгосиздат, 1954. – 24 с.
11. Пузанов И.И. По нехоженому Крыму. – М.: Географгиз, 1960. – 286 с.
12. Боровский В.М. Введение в сравнительную психологию. – М.: Работ. просв., 1927. – 222 с.
13. Боровский В.М. Основы сравнительной рефлексологии. Учебное пособие для вузов. – М.-Л.: Гос.изд-во, 1929. – 200 с.
14. Боровский В.М. Психическая деятельность животных. – М.-Л.: Биомедгиз, 1936. – 324 с.
15. Боровский В.М. Проблемы инстинкта. – Симферополь: Крымгиз, 1941. – 157 с.
16. Делямуре С.Л. Гельминтофауна морских млекопитающих в свете их экологии и филогении. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 518 с.
17. Delyamure S.L. Helminthofauna of Marine Mammals (Ecology and Phylogeny) / AS USSR, Gelmintologicheskaya Laboratoriya. – Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1968. – 522 p..
18. Делямуре С.Л., Скрыбин А.С., Сердюков А.М. Дифиллоботрииды – ленточные гельминты человека, млекопитающих и птиц. – М.: Наука, 1985. – 200 с.
19. Темирова С.И., Скрыбин А.С. Подотряд *Tetrabothriata* (*Ariola*, 1899) Skjabin, 1940/ - М.: Наука, 1978, - 117 с.
20. Юрахно М.В., Скрыбин А.С., Тайков И.М. Паразитофауна северного морского котика и ее популяционная структура // Северный морской котик (систематика, морфология, поведение). – М.: 1998. – Ч. 2. – С. 810-861.

Юрахно М.В. Провідні зоологі ТНУ (до 90-річчю від дня засування) // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 31-36.

Приведені дані з головних досягнень й найважливіші автобіографічні події академіка П.П. Сушкіна й професорів І.І. Пузанова, В.М. Боровського, С.Л. Делямуре, О.С. Скрыбіна.

Ключові слова: Таврійський університет, зоологі П.П. Сушкін, І.І. Пузанов, В.М. Боровський, С.Л. Делямуре, О.С. Скрыбін.

Yurakhno M.V. Leading zoologists of TNU (to the 90 years anniversary) // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 31-36.

Data on the main scientific achievements and the most important biographical facts for P. P. Sushkin (Member of Russian Academy of Sciences) and Professors I. I. Puzanov, V. M. Borovsky, S. L. Delyamure, A. S. Skryabin are presented.

Keywords: Taurida University, zoologists P. P. Sushkin, I. I. Puzanov, V. M. Borovsky, S. L. Delyamure, A. S. Skryabin

Пост упила в редакцию 26.03.2008 г.

УДК 630 (092):378.4 (477.75)

## КОЛЕСНИКОВ БОРИС ПАВЛОВИЧ – ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ-ЛЕСОВОД И ЭКОЛОГ

Ивашов А.В., Пышкин В.Б., Бойко Г.Е.

В статье дана краткая справка о жизни и деятельности выдающегося ученого-лесоведа и эколога Б.П. Колесникова (1909-1980). Число его научных публикаций превышает 250.

Ключевые слова: ученый-лесовод, эколог, Б.П. Колесников.

Таврический университет, созданный 90 лет назад, является наследником тех традиций в науке, культуре и образовании, которые были заложены в нашем вузе такими учеными, как Владимир Иванович Вернадский, Абрам Федорович Иоффе, Игорь Васильевич Курчатов, Игорь Евгеньевич Тамм, Кирилл Иванович Щелкин и многими другими выдающимися людьми. Заметный вклад в развитие нашего университета внёс и известный геоботаник, лесовод, член-корреспондент АН СССР, заслуженный деятель науки, профессор Борис Павлович Колесников. По его инициативе в ТНУ была создана кафедра экологии и рационального природопользования. Под его руководством на биологическом факультете началась большая научно-исследовательская работа по изучению экосистем Горного и Предгорного Крыма, осуществлялись программы по охране природы и рациональному природопользованию на полуострове, регулярно стал издаваться тематический сборник научных трудов «Экосистемы Крыма и их оптимизация».

Число научных публикаций ученого превышает 250, многие из них хорошо известны в Украине и за рубежом. За плодотворную научную деятельность он был награжден орденом Октябрьской Революции, двумя орденами "Знак Почета", многими медалями.

Б. П. Колесников родился 30 мая 1909 года в г. Петербурге, в семье военного.



Б. П. Колесников

Но его детство и юность прошли на Дальнем Востоке, куда переехали родители. Здесь он окончил среднюю школу и в 1927 г. поступил в Дальневосточный лесотехнический институт (ДВЛТИ). Будучи студентом, Б. П. Колесников активно участвовал в научно-исследовательской работе. Его учителями и наставниками были профессора: Б.А. Ивашкевич, создатель учения о генетической типологии в лесоводстве, и известный дендролог А.А. Строгий, оставивший ряд ценных трудов о дендрофлоре Приморья. После окончания института в 1931 г., он был назначен начальником изыскательского отряда Эврон-Горинской экспедиции, где подготовил материалы для своей первой

научной статьи - "Интересные флористические находки в связи с историей развития растительного покрова в бассейне р. Горин" (Вестн. ДВФ АН СССР. 1935. № 14.). В 1932 г. поступил в аспирантуру при ДВЛТИ, а в 1934 г. был принят на работу в Сектор почвоведения, геоботаники и флоры Дальневосточного филиала АН СССР и с тех пор не расставался с академической наукой. После защиты кандидатской диссертации по теме «Растительность восточных склонов Среднего Сихотэ-Алиня», получил должность старшего научного сотрудника. На талантливого и энергичного молодого ученого обратил внимание руководитель ботанических исследований на Дальнем Востоке, академик В.А. Комаров. После закрытия в 1939 г. ДВФ АН СССР, В.А. Комаров способствовал переводу Б. П. Колесникова на Северную базу АН СССР в Архангельск, а в 1941 г. рекомендовал его на пост заведующего Ботаническим кабинетом Горно-таежной станции АН СССР.

В 1943 г. Б. П. Колесников занимает должность заведующего Почвенно-ботаническим сектором вновь организованной Дальневосточной базы АН СССР, а после восстановления в 1947 году Дальневосточного филиала АН СССР, перешел туда на должность заведующего Лабораторией лесоведения и лесоводства. В 1951-1954 гг. он являлся заместителем Председателя Президиума ДВФ АН СССР, исполнял обязанности председателя. В 1951 году, в Институте леса АН СССР, защитил докторскую диссертацию «Кедровые леса Приморского края». Эта работа впоследствии была опубликована под названием "Кедровые леса Дальнего Востока" (1956) и удостоена премии АН СССР, получила международное признание и является основополагающей для географо-генетического направления в отечественной лесной типологии. В 1970 г. избран членом-корреспондентом АН СССР.

В первые же годы работы на Дальнем Востоке, Борис Павлович увлекся идеей своего институтского профессора Б.А. Ивашкевича о динамичной сущности понятия "тип леса" и в дальнейшем творчески ее развивал в ряде своих работ: "Растительность восточных склонов Среднего Сихотэ-Алиня" -Тр. Сихотэ-Алинского заповедника. Вып. 1. М., 1938, "Лиственничные леса Средне-Амурской равнины" -Тр. Дальн. базы АН СССР, 1947, "Природа южной половины советского Дальнего Востока" - Сер. ботан. Вып. 1. М., 1949; совместно с Ю.А. Ливеровским, "Очерк растительности Дальнего Востока" - Хабаровск, 1955, "Кедровые леса Дальнего Востока" - Тр. ДВФ АН СССР. Вып. 2. М., 1956, "Высокогорная растительность Среднего Сихотэ-Алиня" - Владивосток, 1969. В итоге создал новое по существу географо-генетическое направление лесной типологии. Суть его заключается в том, что основную классификационную единицу лесной растительности - тип леса - следует рассматривать обязательно лишь на фоне общей временной динамики лесных сообществ как определенный этап лесообразовательного процесса. Как известно, в лесоведении издавна используется представление о типе леса как основной классификационной единице. Но в предыдущих до Колесникова работах Морозова, Сукачева, Погребняка, Алексева и других корифеев отечественной лесной биогеоценологии это понятие было в значительной мере статичным, предопределенным условиями местообитания. Он одним из первых установил, что статические классификации не позволяют оценить

пространственно-временную динамику лесов, что сильно снижает возможность их практического использования.

В 1956 г. Борис Павлович был переведен в Свердловск. В Институте биологии Уральского научного центра АН СССР он возглавил лабораторию лесоведения и создал дендрофизиологическую и лесоболотоведческую группы, способствовал выделению самостоятельной лаборатории лесного почвоведения. На Урале Б. П. Колесников продолжил разработку классификации растительных сообществ и природного районирования, основанных на прочном ботанико-географическом фундаменте. Им были предложены схемы лесорастительного и лесохозяйственного районирования для Тюменской области, районов Среднего и Южного Урала. Именно с докладом "Естественно-историческое районирование лесов (на примере Урала)" Б. П. Колесников выступил в 1960 г. на V Всемирном лесном конгрессе в США. Там он представил достижения советских ученых в области географии лесов и зафиксировал свои успехи на международном уровне.

Борис Павлович не ограничился лишь геоботаническим и лесоводческим классифицированием природных территорий. В 1966 г. он, один из первых, и не только в нашей стране, предложил природоохранительное районирование. Учитывая разнородность природных и экономических условий на территории Урала, ученый выделил природоохранительные зоны - субарктическую, северотаежную резервную, индустриально-лесную и индустриально-аграрную засушливую. Для каждой из них он предложил свой тип освоения природных ресурсов и хозяйства. Этот первый опыт послужил для дальнейшего углубления вопросов природоохранительного районирования.

В 70-х гг. вышла книга "Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области - практическое руководство" (Свердловск, 1974), в которой используется для описания лесных участков, кроме обычно присутствующей в лесотаксационном описании морфологической специфики, отражающей однородность участка в пространстве, также и характеристика происхождения и особенностей развития древостоя, отражающие однородность во времени. Это важнейшее требование генетического направления в типологии. В данном случае тип леса представляется в виде генетического ряда типов насаждений, сменяющих друг друга во времени. Тип леса генетических классификаций соответствует определенному типу лесорастительных условий, в связи с чем, он оказывается единицей, как правило, более крупной, чем в обычных, "естественных" по Колесникову, классификациях. Каждый тип леса имеет, поэтому свой ареал, а генетические классификации всегда строго региональны. По данной причине классификация Колесникова предусматривает предварительную характеристику лесорастительных условий на конкретной географо-региональной основе, а каждый тип леса в своем описательном выражении предусматривает выделение коренных и производных насаждений.

Ещё в 60-е годы Борис Павлович развернул работу в новом для себя направлении - в области охраны природы, он организовал Комиссию по охране природы при Уральском научном центре и в течение 20 лет руководил ею, возглавил работу по выявлению памятников природы и ботанических объектов на Урале, требующих охраны. Б. П. Колесников считал, что охраняемая часть

природной территории должна покрывать сплошной сетью весь регион и занимать значительную площадь. По его плану на всей территории Урала начались исследования по изучению уникальных объектов: лесных, степных участков и озер. За два десятилетия его руководства деятельностью комиссии на Урале были описаны до 600 памятников природы, восстановлены два заповедника - Висимский и Денежкин Камень, создан Средне-Уральский биогеоценологический стационар в первом из них. Эта деятельность сделала Б. П. Колесникова ведущим ученым страны в общей разработке фундаментальных проблем охраны растительности и в целом природных объектов. В 1968 г. ученый выступил с важным основополагающим докладом на I Всесоюзном совещании по охране растительных объектов в Ленинграде, он являлся руководителем секции охраны растительного мира на V Съезде ВБО в Киеве в 1973 г. и, наконец, в 1975 г. представлял природоохранную науку СССР на XII Международном ботаническом конгрессе.

В 1963 году Колесников был назначен ректором Уральского государственного университета и занимал эту должность до 1967 года. В 1968 году на биологическом факультете УрГУ он создал кафедру геоботаники, впоследствии реорганизованную в кафедру биогеоценологии. Благодаря научно-исследовательской работе кафедры и лаборатории промышленной ботаники развиваемое ими направление «Рекультивация нарушенных земель и оптимизация техногенных ландшафтов» получило признание АН СССР. С 1971 года эти исследования стали координироваться двумя ее научными советами по проблемам «Биогеоценология и охрана природы» и «Комплексное биогеоценологическое изучение живой природы и основы ее рационального освоения и охраны».

Уже в первой статье по этой теме Б. П. Колесников отмечал сложность и многогранность проблемы фитомелиорации промышленных отвалов, требующей на всех этапах комплексных исследований специалистами различных профилей, т. е. дал биогеоценологическую направленность исследованиям по биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. В 1974—1975 годы, Б. П. Колесников опубликовал постановочные работы: «О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов», «Рекультивация земель, нарушенных промышленностью», «К вопросу о классификации промышленных отвалов как компонентов техногенных ландшафтов», «Рекультивация техногенных ландшафтов» и др.

В 1975 году авторский коллектив сотрудников лаборатории промышленной ботаники и кафедры ботаники и почвоведения во главе с Б. П. Колесниковым за цикл работ по теме «Рекультивация территорий, нарушенных промышленностью», удостоен первой премии Уральского государственного университета за достижения в научно-исследовательской деятельности.

В 1976 г. Б. П. Колесников переехал в Крым, где до конца своих дней был профессором кафедры экологии и рационального природопользования Симферопольского государственного университета. Здесь он читал курсы «Лесоведение и лесоводство», «Охрана растительного мира и заповедное дело», «Биогеоценология».

И в Крыму Б. П. Колесников активно проводил эколого-просветительскую и природоохранную деятельность. В 1977 г. он участвовал в межправительственной

конференции по образованию по вопросам окружающей среды, созданной ЮНЕСКО в сотрудничестве с ЮНЕП (в г. Тбилиси). Острые проблемы он всегда обсуждал с коллегами, генерировал идеи, интересовался положением дел, всегда помогал советом и делом. Он много преподавал, участвовал в комплексных полевых учебных практиках студентов, осуществлял руководство дипломными и кандидатскими работами, вел научно-исследовательскую и общественную работу. В Крыму он продолжал развивать свое учение о цикличности и непрерывности лесообразовательного процесса, о генетических типах леса. Начал разрабатывать типологию лесов Горного Крыма, изучал влияние на их развитие рекреационных нагрузок (Колесников Б.П. Рекреационное лесоводство – новый вид системы ведения хозяйства в лесах Крыма // Охрана и рациональное использование природных ресурсов – Симферополь, СГУ, Вып. I, 1980.- С.27-36). Здесь он продолжил комплексные исследования по фитомелиорации отвалов карьеров по добыче строительных материалов. Его идеи о создании единой системы охраняемых территорий, высказанные еще на Урале, нашли большой отклик у многих его последователей на нашем полуострове. Эти и многие другие работы, начатые Б.П. Колесниковым в Крыму, продолжают успешно реализовывать его коллеги и ученики на кафедре экологии и рационального природопользования Таврического национального университета им. В.И.Вернадского.

Список основных работ Б.П.Колесникова

1. Колесников Б.П. Из истории изучения лесов Урала // Ученые Урала в борьбе за технический прогресс. Свердловск, 1959. Ч. 1. – С. 159-169.
2. Колесников Б.П. Естественно-историческое районирование лесов: (На прим. Урала) // Вопросы лесоведения и лесоводства. М., 1960. – С. 51-57.
3. Колесников Б.П. Лесорастительное районирование как естественно-историческая основа районирования систем лесного хозяйства: (На прим. лесов Урала) // Вопросы географии и охраны природы Урала: Докл. Пятого Всеурал. совещ. по вопр. географии и охраны природы Урала. Пермь, 1960. Вып. 2-4. – С. 1-11.
4. Колесников Б.П. Основные итоги изучения естественного возобновления на концентрированных вырубках в лесах Свердловской области // Тр. / Ин-т биологии УФАИ СССР. 1960. Вып. 14. – С. 3-21.
5. Колесников Б.П. Состояние и важнейшие задачи охраны природы на Урале // Охрана природы на Урале. Свердловск. Вып. 1. – С. 5-15.
6. Задачи охраны природы и рационального использования природных ресурсов Прикамья / Колесников Б.П., Гвоздев В.С., Шарц А.К. и др. // Охрана природы на Урале. Пермь, 1961. Вып. 2. – С. 5-16.
7. Колесников Б.П. Лесорастительные условия и лесохозяйственное районирование Челябинской области // Тр. /Ин-т биологии УФАИ СССР. 1961. Вып. 26. – С. 3-44.
8. Колесников Б.П., Трусов П.Ф. Опыт применения генетической классификации типов леса при устройстве лесов Ильменского заповедника // Тр. /Ин-т биологии УФАИ СССР. 1961. Вып. 26. – С. 45-71.
9. Колесников Б.П. Генетическая классификация типов леса и ее задачи на Урале // Тр. /Ин-т биологии УФАИ СССР. 1961. Вып. 27. – С. 47-59.
10. Колесников Б.П. Материалы к инвентаризации природных объектов Урала, нуждающихся в охране // Охрана природы на Урале. Пермь, 1961. Вып. 2. – С. 123-129.
11. Прокаев В.И., Колесников Б.П. Новые данные о распространении некоторых пород и смешанных лесов с их участием на юге Среднего Урала // Ботан. журн. 1961. Т. 46, № 12. – С. 1814-1817.

12. Колесников Б.П. Очерк растительности Челябинской области в связи с ее геоботаническим районированием // Тр. / Ильмен. заповедник. 1961. Вып. 8. – С. 105-129.
13. Ястребов Е.В., Колесников Б.П. Материалы к инвентаризации природных объектов Урала, нуждающихся в охране: Сообщ. 3 // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1962. Вып. 3. – С. 127-132.
14. Колесников Б.П., Прокаев В.И. Охрана природы на Урале // Проблемы охраны природы Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1963. – С. 170-177.
15. Колесников Б.П. Растительность // Природа Челябинской области. Челябинск, 1964. – С. 135-158.
16. Колесников Б.П. Природоохранное районирование Урала // Тр. / МОИП. Отд. геогр. 1966. Т. 18. – С. 270-280.
17. Прокаев В.И., Колесников Б.П. Среднеуральский природный парк // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1967. Вып. 6. – С. 29-36.
18. Комин Г.Е., Колесников Б.П. Среднинский бор // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1967. Вып. 6. – С. 99-106.
19. Колесников Б.П., Шиманюк А.П. Леса Пермской области // Леса СССР. М., 1969. Т. 4. – С. 5-63.
20. Колесников Б.П. Леса Свердловской области // Леса СССР. М., 1969. Т. 4. – С. 64-124.
21. Колесников Б.П. Леса Челябинской области // Леса СССР. М., 1969. Т. 4. – С. 125-156.
22. Колесников Б.П. Охрана ботанических объектов Урала // Вопросы охраны ботанических объектов. Л., 1971. – С. 196-206.
23. Колесников Б.П. Лесорастительные условия средней части бассейна р. Тавды и Тавда-Куминского междуречья // Тр. / Ин-т экологии растений и животных УНЦ АН СССР. 1972. Вып. 83. – С. 7-26.
24. Особенности рационального использования горных лесов Урала / Зубарева Р.С., Колесников Б.П., Смолоногов Е.П. и др. // Охрана горных ландшафтов Сибири. Новосибирск, 1973. – С. 70-78.
25. Колесников Б.П. Типы южно-таежных лесов среднего течения р. Тавды и Тавды-Куминского междуречья // Тр. / Ин-т экологии растений и животных УНЦ АН СССР. 1972. Вып. 83. – С. 66-98.
26. Колесников Б.П., Мамаев С.А. Вопросы охраны природы на Урале // Охрана природы и ландшафт. Таллин, 1973. – С. 67-69.
27. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области: Практ. руководство. Свердловск, 1973. – 176 с.
28. Фильрозе Е.М., Колесников Б.П. Основные итоги изучения лесов Ильменского заповедника // Биологические исследования в Ильменском заповеднике. Свердловск, 1973. – С. 3-19. (Тр. / Ильмен. заповедник; Вып. 10).
29. Актуальные вопросы охраны растительного мира / Колесников Б.П., Семенова-Тян-Шанская А.И., Стайко С.М. и др. // Ботан. журн. 1974. Т. 59, № 10. – С. 1536-1546.
30. Зонально-географические и типологические закономерности естественного возобновления в лесах свердловской области / Колесников Б.П., Коновалов Н.А., Исаева Р.П. и др. // Возобновление леса. М., 1975. – С. 91-118.
31. Колесников Б.П. Некоторые результаты работы и ближайшие перспективы Средне-Уральского горно-лесного биогеоценологического стационара // Тр. / Ин-т экологии растений и животных УНЦ АН СССР. 1979. Вып. 128. – С. 3-11.
32. Колесников Б.П. Рекреационное лесоводство – новый вид системы ведения хозяйства в лесах Крыма // Охрана и рациональное использование природных ресурсов – Симферополь, СГУ, Вып. I, 1980. – С. 27-36.
33. Колесников Б.П. Лесная растительность юго-восточной части бассейна Вычегды. – Л.: Наука, 1985. – 216с.

#### Литература о Б.П. Колесникове:

1. Колесников Борис Павлович // Большая советская энциклопедия. – М., 1973. – С. 416-417.
2. Колесников Борис Павлович (1909-1980) // Ученые Свердловска: Деятели естеств. наук: Биобиблиогр. указ. лит. Свердловск, 1982. – С. 26-27.
3. Колесников Борис Павлович // Биологи: Биогр. справочник. Киев, 1984. – С. 314.
4. Колесников Борис Павлович // Ученые Уральского научного центра АН СССР. Свердловск, 1987. – С. 45-47.

5. Колесников Борис Павлович // Уральский государственный университет в биографиях. Екатеринбург, 1995. – С. 182-183.
6. Пичугина Н.П. Колесников Борис Павлович // Уральская историческая энциклопедия. Екатеринбург, 1998. – С. 264.
7. Буторина Л.А. Колесников Б.П. // Буторина Л.А. Биологи - исследователи Ильмен. Екатеринбург, 1993. – С. 34-35.
8. Горчаковский П.Л. К пятидесятилетию профессора Б.П. Колесникова // Зап. /Свердл. отд-ние Всесоюз. ботан. о-ва. 1960. Вып. 1. – С. 108-111.
9. Исследование лесов Урала: Материалы науч. чтений, посвящ. памяти Б.П. Колесникова / РАН. УрО. Ин-т леса и др. Екатеринбург, 1997. – 130 с.
10. Маковский В.И., Панова Н.К., Шадрин Н.И. Б.П. Колесников - организатор исследований по лесному болотоведению // Эколого-географические принципы изучения лесов. Свердловск, 1983. – С. 147-152.
11. Мамаев С.А. Б.П. Колесников - организатор природоохранной деятельности на Урале // Эколого-географические принципы изучения лесов. Свердловск, 1983. – С. 12-19.
12. Мамаев С.А. Профессор Б.П. Колесников: ( 60 - лет со дня рождения) // Охрана природы на Урале. Свердловск, 1970. – С. 180-181.
13. Мамаев С.А. Роль Б.П. Колесникова в развитии лесной науки на Урале // Исследование лесов Урала: Материалы науч. чтений, посвящ. памяти Б.П. Колесникова. Екатеринбург, 1997. – С. 3-5.
14. Манько Ю.И., Гладкова Г.А. Международная конференция "Леса и лесообразовательный процесс на Дальнем Востоке", посвященная памяти Б.П. Колесникова // Ботан. журн. 2000. Т. 85, № 5. – С. 147-150.
15. Маслаков Е.Л. Идеи Б.П. Колесникова о едином лесообразовательном процессе, лесовозобновлении и динамике лесной растительности // Эколого-географические принципы изучения лесов. Свердловск, 1983. – С. 85-89.
16. Памяти Бориса Павловича Колесникова / Семенова-Тян-Шанская А.М., Боч М.С. Дыренков С.А. и др. // Ботан. журн., 1982. – Т. 67, № 8. – С. 1153-1165.
17. Плотноков В.В. Хранитель традиций оптимизма // Наука Урала, 1994. № 17. – С. 4-5.
18. Попов Л.В. Борис Павлович Колесников как географ // Эколого-географические принципы изучения лесов. Свердловск, 1983. – С. 20-23.
19. Роль Б.П. Колесникова в создании и развитии научных основ охраны растительного мира / Семенова-Тян-Шанская А.М., Парфенов В.И., Дыренков С.А., Боч М.С. // Эколого-географические и генетические принципы изучения лесов. Свердловск, 1983. – С. 6-11.
20. Шейнгауз А.С. Вопросы лесного районирования в работах Б.П. Колесникова // Эколого-географические принципы изучения лесов.– Свердловск, 1983. – С. 24-29.
21. Мамаев С. А. Б. П. Колесников. - российский природовед и энциклопедист / Известия Уральского государственного университета. – 2000. – № 15.
22. Чибрик Т. С. Исследования по проблеме биологической рекультивации нарушенных земель в Уральском университете. К 100-летию со дня рождения В.В. Тарчевского / Т.С. Чибрик // Известия Уральского государственного университета. – 2005. – № 37. – С. 92-100.

Івашов А.В., Пішкін В.Б., Бойко Г.Є. Колесніков Борис Павлович – видатний вчений-лісовод і еколог // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 37-43.

В статті дана коротка довідка про життя і діяльність видатного вченого-лісовода і еколога Б.П. Колеснікова (1909-1980). Число його наукових публікацій перевищує 250.

Ключові слова: вчений-лісовод, еколог, Б.П. Колесніков

Ivashov A.V., Pishkin V.B., Boyko G.E. Kolesnirov Boris Pavlovich - Colesnicov Boris Paul – prominent scientist-specialist in forestry and environmentalist // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 37-43.

In the article short reference about the life and activity of prominent scientist-specialist in forestry and environmentalist В.Р. Kolesnikov is given (1909-1980). The number of his scientific publications exceeds 250.

Keywords: scientist-specialist in forestry, environmentalist, В.Р. Kolesnikov

Пост ушла в редакцию 26.03.2008 г.

# БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

---

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

Серия «Биология, химия». Том 21 (60). 2008. № 1. С. 44-52.

УДК 633.822:581.143.6

## МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И ЦИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУР МЯТЫ

Бугара И.А., Бугара А.М.

Исследованы морфология клеток и содержание ДНК в интерфазных ядрах каллусных культур мяты сорта Симферопольская 200, индуцированных в культуре *in vitro* молодых листьев. Установлено, что каллусные культуры характеризовались высоким уровнем гетерогенности по морфологии клеток и содержанию ДНК в интерфазных ядрах.

Ключевые слова: мята, каллусная культура, ДНК.

### ВВЕДЕНИЕ

Процессы каллусообразования и морфогенеза уже давно привлекают исследователей в области физиологии, биохимии, генетики и селекции растений. Количество публикаций, посвященных этим вопросам, быстро возрастает, расширяется спектр привлекаемых для исследования видов. Экспериментально созданная модель каллусообразования, с последующей индукцией морфогенеза *in vitro*, является удобным объектом для исследования закономерностей дедифференциации и вторичной дифференцировки, генетической изменчивости культивируемых клеток, механизмов реализации генетической информации при гисто- и морфогенезе [1 – 3].

В области теоретических и прикладных исследований каллусогенеза можно выделить несколько основных направлений. Отметим лишь два из них, которые в настоящее время разрабатываются и на видах рода *Mentha*. Первое – изучение биотрансформации и биосинтеза веществ вторичного метаболизма в каллусных (суспензионных) культурах в связи с перспективой их использования для получения некоторых ценных продуктов [4 – 5]. Второе – исследование генетической изменчивости клеток в каллусных культурах и механизмов регуляции морфогенеза с целью индукции соматональных вариантов и получения нового исходного материала для селекции [6 – 7].

Работы в данных направлениях должны базироваться на углубленном изучении морфологических, цитологических и цитогенетических особенностей каллусных культур. Несмотря на проводимые ранее исследования по получению каллусных культур различных генотипов мяты, мало внимания уделялось исследованию их цитологических особенностей. Это не позволяло достоверно оценить морфогенные потенции каллусных культур и уровень генетической изменчивости клеток. В этой связи целью настоящей работы являлось изучение некоторых морфологических и

цитохимических особенностей каллусных культур мяты, индуцированных из молодых листьев *in vitro*.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для проведения исследований служили растения мяты сорта Симферопольская 200 (*Mentha canadensis* К 59 (4n) x *M. aquatica* К 6). Молодые листья длиной 0,7 – 1,0 см изолировали с донорных растений, поверхностно обрабатывали препаратом брадофен в течение 5 минут и промывали в трех сменах автоклавированной дистиллированной воды. Экспланты помещали на поверхность модифицированной агаризованной питательной среды Мурасиге и Скуга [8], дополненной 0,5 мг/л кинетина, 0,5 мг/л БАП, 2,0 мг/л 2,4-Д. В качестве культуральных сосудов использовали химические пробирки 2x20 см, содержащие 10 мл питательной среды. Экспланты инкубировали в условиях термостатированного помещения при температуре 25-27°C, освещенности 2-3 тыс. люкс, 16-часовом фотопериоде и относительной влажности воздуха 60-70%.

Для морфологических и цитохимических исследований, каллусные культуры, находящиеся в стационарной фазе роста, фиксировали по Карнуа и готовили временные давленные препараты. Морфологию каллусных клеток исследовали под микроскопом МРІ-5 на препаратах окрашенных метиленовым синим [9]. Для цитохимического выявления ДНК в интерфазных ядрах каллусных клеток препараты окрашивали антибиотиком оливомицином [10]. Количество ДНК в ядрах каллусных клеток определяли на цитофлуориметре, состоящим из микроскопа ЛЮМАМ-И2 и фотометрической насадки ФМЭЛ-1. Объем выборки при цитохимических исследованиях составлял 50 ядер. Содержание ДНК в интерфазных ядрах выражали в условных единицах. В качестве эталона, принятого за 2С, служило содержание ДНК в ядрах эпидермальных клеток молодых листьев. Результаты цитохимических исследований обрабатывали статистически и представляли в виде гистограмм.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Цитологические исследования показали, что каллусные культуры мяты состояли из гетерогенной клеточной популяции. В них обнаруживались клетки меристематического типа, различных размеров и формы, клетки паренхимного типа, элементы сосудистой системы, а также запасующие клетки. Клетки меристематического типа располагались, как правило, крупными скоплениями в местах расположения трахеид (рис. 1).

Для них были характерны изодиаметрическая форма крупные ядро и ядрышко, слабо вакуолизированная цитоплазма. Интерфазные ядра клеток меристематического типа отличались характерной хроматиновой структурой. В них достаточно четко обнаруживался периферический хроматин, а также участки конденсированного хроматина, не контактирующие с ядерной мембраной. Ядрышко занимало значительную часть объема ядра и было окружено светлой зоной кариоплазмы. Клетки меристематического типа незначительно варьировали по размерам, их диаметр составлял 30 – 40 мкм. Особо следует отметить присутствие в

кallусных культурах морфогенных участков, в которых обнаруживались эмбриоидоподобные структуры, находящиеся на различных стадиях развития. Эмбриоидоподобные структуры состояли обычно из 6-8 и до нескольких десятков клеток, располагаясь исключительно в местах локальных скоплений клеток меристематического типа.

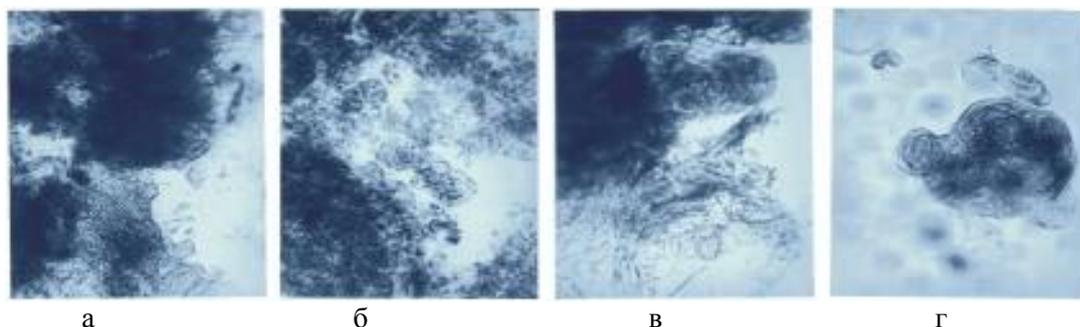


Рис. 1. Клетки меристематического типа кallусной культуры мяты сорта Симферопольская 200, индуцированной из эксплантов молодых листьев: а - локальное скопление клеток меристематического типа; б - морфология клеток меристематического типа; в, г - соматические эмбриониды на ранних стадиях развития.

В отличие от клеток меристематического типа, паренхимные клетки кallуса обнаруживали значительную вариабельность по форме и размерам (рис. 2).

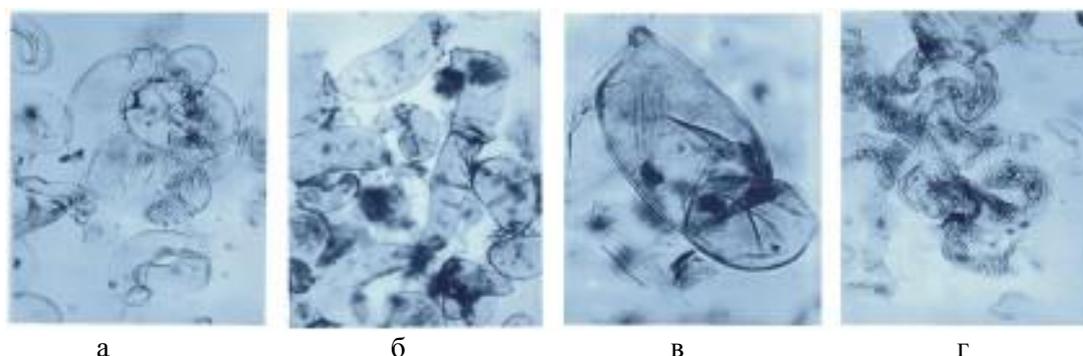


Рис. 2. Клетки паренхимного типа кallусной культуры мяты сорта Симферопольская 200, индуцированной из эксплантов молодых листьев: а, б - овальные и удлиненные клетки паренхимного типа; в - гигантская клетка паренхимного типа; г - запасающие клетки с крахмальными зернами.

Они имели округлую, овальную, удлиненную и сильно вытянутую форму. Клетки паренхимного типа по своим размерам значительно превосходили клетки меристематического типа. Предел их варьирования по длине составлял 70-420 мкм. При этом в количественном отношении в первичном и пассируемом кallусе преобладали клетки сильно удлиненной формы. Несмотря на разнообразие

паренхимных клеток по форме и размерам, они имели сходные морфологические признаки. Для них были характерны повышенная вакуолизация, а также небольшое количество цитоплазмы, расположенной пристенно и вокруг ядра.

Однако при общих морфологических признаках, характерных для клеток паренхимного типа, наблюдались некоторые отличительные особенности, проявляющиеся в морфологии интерфазных ядер. В большинстве клеток ядра имели типичную интерфазную организацию с характерным расположением глыбок хроматина и хорошо различимым ядрышком. Вместе с тем в некоторых клетках паренхимного типа обнаруживалась плотная упаковка ядерного хроматина. В данном случае детали хроматиновой структуры интерфазных ядер не просматривались, в результате чего они выглядели равномерно окрашенными гомогенными структурами. Ядрышко не выявлялось. Обычно такая структура ядерного материала была характерна для гигантских клеток паренхимного типа.

В отдельных типах клеток каллусных культур мяты обнаруживались зерна запасного крахмала. На основании данного факта мы относили этот тип клеток к запасным. Запасные клетки каллуса чаще имели сильно удлиненную форму и обычно располагались небольшими скоплениями.

С увеличением пассажа наблюдалось некоторое изменение морфологических характеристик каллусных культур. Так, в каллусных культурах III пассажа нами было отмечено уменьшение числа локальных скоплений клеток меристематического типа. Эмбриоидоподобные структуры практически не обнаруживались. Наблюдалась тенденция к стандартизации морфологических типов каллусных клеток. При этом каллусные культуры состояли преимущественно из клеток паренхимного типа различных размеров и формы, небольшие скопления клеток меристематического типа встречались относительно редко.

Таким образом, проведенные нами исследования выявили гетерогенность каллусных культур мяты по клеточному составу. Высокий уровень цитологической гетерогенности каллусных культур показан ранее для многих видов растений. При этом авторы также отмечали присутствие в каллусных культурах клеток меристематического и паренхимного типов, а также морфогенных участков каллуса, в которых наблюдалась дифференциация вегетативных почек или соматических эмбриоидов [11 – 12].

Наши исследования выявили наличие в каллусных культурах мяты эмбриоидоподобных структур, однако эти структуры в дальнейшем не развивались в растения, как на первичной питательной среде, так и при переносе каллусных культур на питательные среды для морфогенеза. Возможно, что установленный факт связан со специфическими блоками развития при соматическом эмбриогенезе. Существование таких блоков развития давно и хорошо известно и было в свое время проанализировано в ряде экспериментальных работ. Блок дальнейшего развития может проявляться как на самых ранних стадиях эмбриогенеза, так и на более поздних – глобулярной, стадии удлинения зародыша, латерального роста и в период индукции роста корней [13, 14]. Несмотря на то, что указанные авторы выдвигают различные причины, обуславливающие блокирование отдельных этапов соматического эмбриогенеза, большинство из них видят главную причину в

существовании генетических блоков развития. Более того, предполагается, что при соматическом эмбриогенезе возможно включение специфической генетической программы, обуславливающей гибель эмбриоидов на различных стадиях [15]. В этой связи можно предположить, что у мяты блокирование дальнейших этапов развития эмбриоидоподобных структур связано со сложной гибридной природой сорта Симферопольская 200, созданного на основе сочетания межвидовой гибридизации и экспериментальной полиплоидии. В таком случае для получения растений регенерантов из каллусных культур перспективным представляется использование в качестве исходного материала различных видов мяты, генотип которых не усложнён влиянием межвидовой гибридизации и полиплоидии. По крайней мере факты, свидетельствующие об отсутствии подобных блоков развития при соматическом эмбриогенезе у видов мяты и возможность получения у них растений регенерантов из каллусных культур [16] могут косвенно подтверждать такое предположение.

Для оценки уровня генетической изменчивости клеток каллусных культур мяты проводили количественные цитохимические исследования содержания ДНК в интерфазных ядрах. При проведении цитохимических исследований содержание ДНК определяли по интенсивности флуоресценции интерфазных ядер клеток меристематического и паренхимного типов (рис. 3).

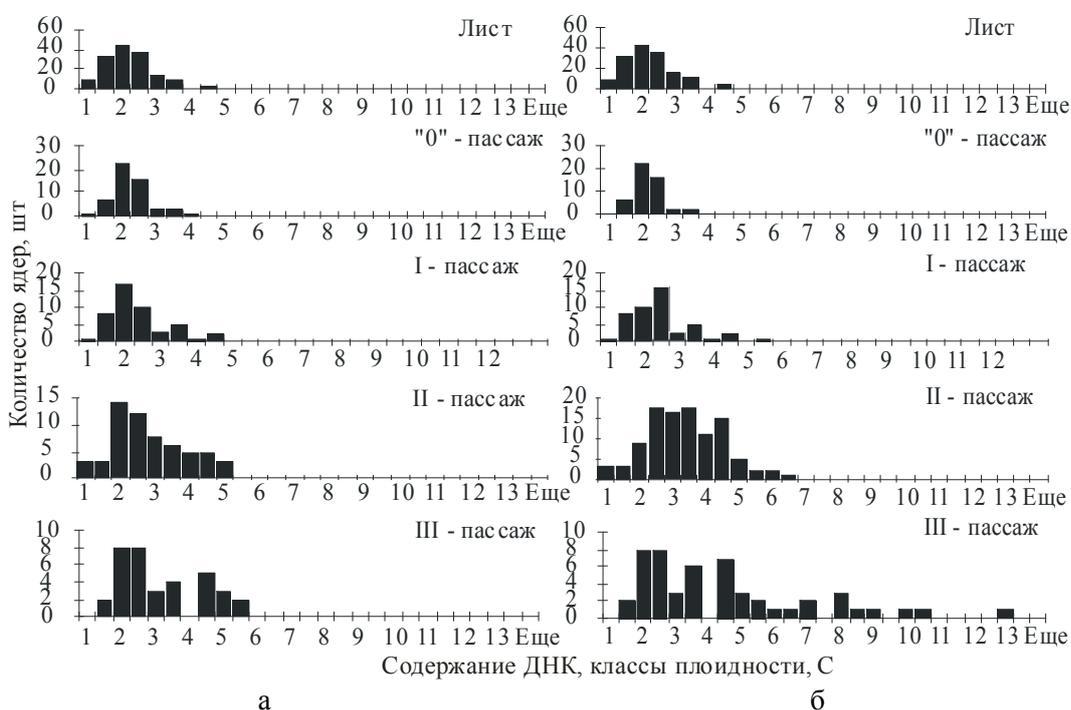


Рис. 3. Гистограммы распределения клеток эпидермиса листа, клеток меристематического (а) и паренхимного (б) типов каллусной культуры мяты сорта Симферопольская 200 по содержанию ДНК в интерфазных ядрах

Количественное определение содержания ДНК в интерфазных ядрах клеток меристематического типа в первичном каллусе ("0"-пассаж) позволило выявить закономерности, сходные с теми, которые были установлены для эпидермальных клеток молодых листьев. В данном случае основная часть популяции также состояла из клеток, содержащих в интерфазных ядрах 2С ДНК. Наряду с этим были выявлены клетки, находящиеся в S- и G<sub>2</sub>-периодах.

С увеличением пассажа наблюдалось некоторое повышение гетерогенности клеток меристематического типа по содержанию ДНК в интерфазных ядрах, при этом клетки с уровнем ДНК 2С – 4С преобладали.

Несколько иная закономерность обнаруживалась при цитохимическом анализе содержания ДНК в интерфазных ядрах клеток паренхимного типа. В данном случае сходство в гистограммах распределении клеток паренхимного типа по содержанию ДНК и клеток молодого листа наблюдалось только для первичного каллуса ("0"-пассаж). С увеличением пассажа обнаруживалась тенденция к повышению гетерогенности клеток паренхимного типа по содержанию ДНК и в III пассаже присутствовали клетки, имеющие в интерфазных ядрах количество ДНК 2С – 13С.

Таким образом, цитофлуориметрический анализ содержания ДНК в интерфазных ядрах клеток каллусных культур мяты сорта Симферопольская 200 выявил высокий уровень их гетерогенности по данному показателю. Однако эта высокая гетерогенность была свойственна в основном клеткам паренхимного типа. Клетки меристематического типа характеризовались значительно меньшим уровнем изменчивости по содержанию ДНК.

Факт высокой гетерогенности культивируемых каллусных клеток по числу хромосом хорошо известен и был в свое время детально проанализирован в целом ряде работ [17,18]. Анализ содержания ДНК в интерфазных ядрах клеток каллусных культур также выявил большое разнообразие значений С [19 – 21]. При этом указанные авторы, как правило, не отмечали высокой гетерогенности по содержанию ДНК в клетках экспланта, что подтверждается результатами наших исследований.

В настоящее время уже сложились определенные представления о механизмах, приводящих к генетической изменчивости клеток в каллусной культуре. В некоторых случаях этот процесс может быть уже заранее детерминирован типом экспланта, однако основная роль принадлежит условиям, складывающимся в процессе культивирования. При этом содержащиеся в питательной среде экзогенные фитогормоны могут индуцировать генетическую изменчивость *in vitro* [22,23]. Другая возможная причина образования в каллусной культуре клеток с высоким содержанием ДНК в ядре – действие эндогенных факторов регуляции. Несмотря на то, что это положение было сформулировано относительно давно, оно вполне удовлетворительно объясняет направленность количественных изменений ДНК в культивируемых клетках [24]. После исчерпывания пролиферативного потенциала в клетках может резко тормозиться, а затем и полностью прекращаться митотическая активность, наблюдаться "репликативное старение" культуры. В этой связи возрастание количества ДНК в культивируемых клетках является результатом постепенной утраты митотической активности, предваряющей ее полное

выключение. При этом клетки постепенно теряют способность к цитокинезу, а затем и кариокинезу, при сохранении способности к синтезу ДНК.

#### ВЫВОДЫ

1. Каллусные культуры мяты сорта Симферопольская 200 характеризуются гетерогенностью по клеточному составу. В них обнаружены клетки меристематического и паренхимного типов, а также запасающие клетки, клетки проводящей системы и эмбриоидоподобные структуры.
2. Цитохимические исследования показали присутствие в каллусных культурах мяты клеток, содержащих от 2С до 13С ДНК в интерфазных ядрах.

#### Список литературы

1. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. – К.: Наук. думка, 1980. – 488 с.
2. Моисеева Н. А. Молекулярные и клеточные механизмы морфогенеза в культуре клеток растений // Биология культивируемых клеток и биотехнология растений. – М.: Наука. – 1991. – С. 166 – 185.
3. Мельничук М. Д., Новак Т. В., Кунах В. А. Биотехнологія рослин: Підручник. – К.: ПоліграфКонсалтінг, 2003. – 520 с.
4. Носов А. М. Культура клеток высших растений – уникальная система, модель, инструмент // Физиология растений. – 1999. – 46, № 6. – С. 837 – 844.
5. Носов А. М., Орешников А. В., Кондракаров О. Ф. Культуры клеток высших растений как продуценты вторичных метаболитов // 2 Съезд Биохим. о-ва РАН. - Москва. – 1997. – С. 94.
6. Бутенко Р. Г. Клеточные технологии в селекционном процессе / Состояние и развитие сельскохозяйственной биотехнологии. - Л.: 1986. – С. 29 – 38.
7. Шевелуха В. С. Проблемы и перспективы новой биотехнологии в селекции и растениеводстве / Состояние и развитие сельскохозяйственной биотехнологии. - Л.: 1986. – С. 12 – 18.
8. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture // *Physiol. Plant.* – 1962. – 15, № 13. – P. 473 – 497.
9. Паушева Л. А. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
10. Бородина В. М., Сондоре О. Ю., Зеленин А. В. Использование антибиотика оливомицина для цитохимического изучения хроматина // Цитология. – 1979. – 21, № 9. – С. 103 – 104.
11. Yasuda H., Saton T., Masuda H. Rapid and frequent somatic embryogenesis from single cells of regenerated carrot plantlets // *Biosci., Biotechnol. and Biochem.* – 1998. – 62, N7. – P. 1273 – 1278.
12. Kruglova N. N., Abramov S. N., Kukso P. A. Cytological and histological investigation of wheat androgenic callus with ability to morphogenesis: Abstr. 11<sup>th</sup> Congress of the Federation of European Societies of Plant Physiology, Varna, 7-11 Sept, 1998 // *Bulg. S. Plant Physiol.* – 1998. – Spec. issue. – P. 38.
13. Wang Jiang-bo, Wang Yu-mei, Jia Jing-fen Индукция эмбрионного каллуса и образование соматических зародышей из explantов гипокоты *Lathyrus maritimus* // *Xibei zhiwu xuebao = Acta Bot. Boreli-Occident. Sin.* – 2000. – 20, N3. – P. 325 – 375.
14. Xing G., Li S., Cui K., Wang Y. Mechanisms of plant somatic embryogenesis // *Progr. Nat. Sci.* – 2000. – 10, N9. – P. 641 – 649.
15. Yasuda H., Saton T., Masuda H. Rapid and frequent somatic embryogenesis from single cells of regenerated carrot plantlets // *Biosci., Biotechnol. and Biochem.* – 1998. – 62, N7. – P. 1273 – 1278.
16. Kukreja A. K., Dhawan O. P., Ahuja P. S., Sharma S., Mathur A. K. Genetic improvement of mints: On the qualitative traits of essential oil of in-vitro derived clones of Japanese mint (*Mentha piperascens* Holmes) // *J. Essent. oil Res.* – 1992. – 4, № 6. – С. 623 – 629.
17. Кунах В. А., Алхимова Е. Г., Войтик Л. И. Изменчивость числа хромосом в каллусных тканях и регенерантах гороха // Цитология и генетика. – 1984. – 18, №1. – С. 20 – 25.

18. Юркова Г. М., Левенко Б. А., Новожилов О. В. Уровень ploидности каллусной ткани пшеницы-однозернянки // Цитология и генетика. – 1985. – 19, №3. – С. 202 – 206.
19. Chriqui D., Bercetche J. Facteurs hormonaux et phénomènes amitotiques dans explants végétaux cultivés in vitro // Bull. Soc. Bot. Fr. Actual. Bot. – 1985. – 132, N3-4. – P. 152.
20. Долежел И., Новак Ф. И. Кариологические изменения в ходе дифференцировки клеток чеснока *Allium sativum* L. / Культура клеток растений и биотехнология. – М.: Наука, 1986. – С. 20 – 25.
21. Cavallini A., Cremonini R., Lupi M. C., Bennici A. In vitro culture of *Bellevalia romana* L. Rchb. II. Cytological study of callus and regenerated plantlets // Protoplasma. – 1986. – 132, N1-2. – P. 58 – 63.
22. Кунах В. А. Генетическая изменчивость соматических клеток растений. 3. Каллусообразование in vitro // Биополимеры и клетка. – 1997. – 13, №15. – С. 362 – 371.
23. Кунах В. А. Генетическая изменчивость соматических клеток растений. Изменчивость в процессе дедифференцировки и каллусообразования in vitro // Биополимеры и клетка. – 1998. – 14, №4. – С. 298 – 319.
24. Гаврилов Л. А., Гаврилова Н. С. Культура диплоидных клеток как объект изучения молекулярных механизмов старения // Успехи совр. биологии. – 1978. – 85. – С. 267 – 283.

Бугара І.О., Бугара О.М. Морфологічне та цитохімічне дослідження калусних культур м'яти // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 44-52.

Досліджено морфологію клітин та вміст ДНК у інтерфазних ядрах калусних культур м'яти сорту Сімферопольська 200, індукованих у культурі in vitro молодого листя. Встановлено, що калусні культури характеризувались високим рівнем гетерогенності за морфологією клітин та вмістом ДНК в інтерфазних ядрах.

Ключові слова: м'ята, калусна культура, ДНК.

Bugara I.A., Bugara A.M. Morphological and cytological investigation callus culture of mint // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 44-52.

The morphology of cells and content of DNA in interphasis nucleus of callus cultures of mint of a grade Simferopolskaya 200, induced in young leaves culture in vitro were investigated. It was shown, that callus cultures were characterized by a high level of heterogeneity on cells morphology and the content of DNA in interphasis nucleus.

Keywords: mint, callus culture, DNA.

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.

УДК 612.014.46:612.821:615.214:547.78

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТОВ 2,3,4,5-3-ТЕТРАГИДРО-1Н-1,5- БЕНЗОДИАЗЕПИНОНА-2 И ФАРМПРЕПАРАТА ДИАЗЕПАМА

Гамма Т.В., Коренюк И.И.

В работе с использованием тестов Порсолта и «подвешивание за хвост» установлено, что 2,3,4,5-3-тетрагидро-1Н-1,5-бензодиазепин-2 проявляет антидепрессантные свойства, превышая на 65,0 % действие диазепама. По результатам тестов «открытое поле» и «черно-белая камера» 2,3,4,5-3-тетрагидро-1Н-1,5-бензодиазепин-2 в зависимости от дозы обладает анксиолитическим и анксиогенным действием и по силе действия превышает фармпрепарат диазепам.

Ключевые слова: 1,5-бензодиазепины, поведение, крысы.

### ВВЕДЕНИЕ

Бензодиазепины относятся к наиболее широко используемым препаратам в анестезии и интенсивной медицине [1 – 4]. Популярность их применения объясняется эффективностью, широким терапевтическим спектром и достаточной безопасностью [5]. Известный фармпрепарат диазепам, производное 1,4-бензодиазепина, оказывает анксиолитическое, противосудорожное, миорелаксирующее (центральное), седативное и снотворное действие [6]. Кроме того, установлено, что этот классический транквилизатор обладает антидепрессантным эффектом. Эти перекрывающиеся спектры фармакологической активности свидетельствуют о полимодальности психотропных эффектов, об исключительной сложности механизмов различных нарушений психики, происходящих с участием многих нейромедиаторов, и общности некоторых нейрхимических и нейрофизиологических звеньев этих нарушений [7]. Поскольку в настоящее время ведется целенаправленный поиск веществ, обладающих вышеуказанным спектром действия, целью настоящей работы был сравнительный анализ эффектов 2,3,4,5-3-тетрагидро-1Н-1,5-бензодиазепинона-2 (БП) и диазепама.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводились на 40 белых беспородных крысах (самцах) массой 200-240 г. В работе использовались животные группами по 10 особей в каждой. Диазепам (контрольная группа) и БП (три опытные группы) вводились животным за 30 мин до тестов в дозах 25, 50 и 100 мг/кг. Использовалось внутрибрюшинное введение соединений в объеме 0.2 мл [8]. Тестирование веществ осуществлялось с помощью четырех стандартных поведенческих тестов: «открытое поле» [9], Порсолта [10, 11], «подвешивание за хвост» [12] и «черно-белая камера» [13, 14]. Данные тесты являются достаточными для первичного скрининга, а также являются адекватными для выявления токсичности веществ.

Обработка результатов проводилась с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни в программе Statistica 5.0.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В тесте «открытое поле» (рис. 1) БП во всех использованных дозах приводил к достоверному увеличению горизонтальной и вертикальной двигательной активности в среднем на 63,7 %. Увеличение локомоции и ориентировочной реакции крыс свидетельствует о преобладании процессов возбуждения в центральной нервной системе (ЦНС) над торможением [9], следовательно, введение БП приводит к возбуждению ЦНС крыс и соответственно обладает положительным эффектом. Кроме этого, в дозе 100 мг/кг достоверно увеличивается исследовательская активность крыс, что может указывать на анксиолитический профиль БП.

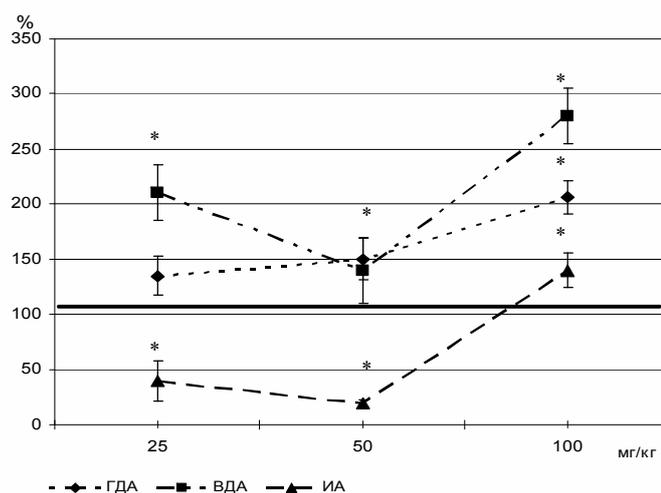


Рис. 1. Влияние 2,3,4,5-тетрагидро-1Н-1,5-бензодиазепинона-2 в различных дозах на поведение крыс в тесте «открытое поле».

За 100 % (жирная линия) принят диазепам в терапевтической дозе (5 мг/кг) [6]. ГДА – горизонтальная двигательная активность, ВДА – вертикальная двигательная активность, ИА – исследовательская активность.

По данным теста Порсолта (рис. 2) БП во всех использованных дозах достоверно повышал время активного плавания в среднем на 66,0 % по сравнению с эффектом диазепам. Данный факт свидетельствует о наличии у БП антидепрессантных свойств, превышающих по силе широко применяемый препарат. На это указывает и увеличение попыток животных избавления от воды (выпрыгиваний) в среднем на 64,8 %. Максимум выпрыгиваний отмечен в дозе БП 25 мг/кг. Таким образом, БП во всех использованных дозах оказывает антидепрессантное действие и требует дальнейшего доклинического исследования в качестве перспективного психотропного средства.

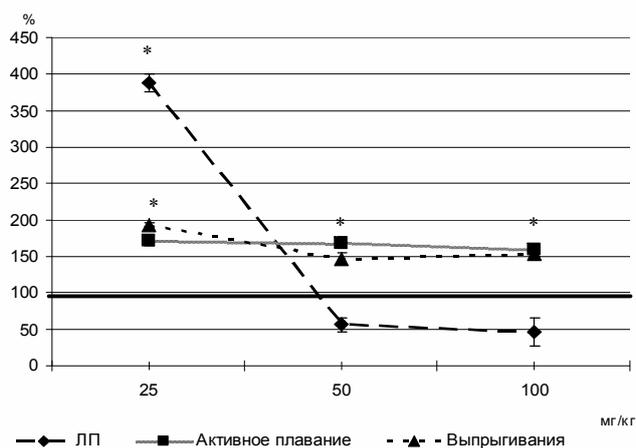


Рис. 2. Влияние 2,3,4,5-тетрагидро-1Н-1,5-бензодиазепинона-2 в различных дозах на поведение крыс в тесте Порсолта.

За 100 % (жирная линия) принят диазепам в терапевтической дозе. ЛП – латентный период первого зависания.

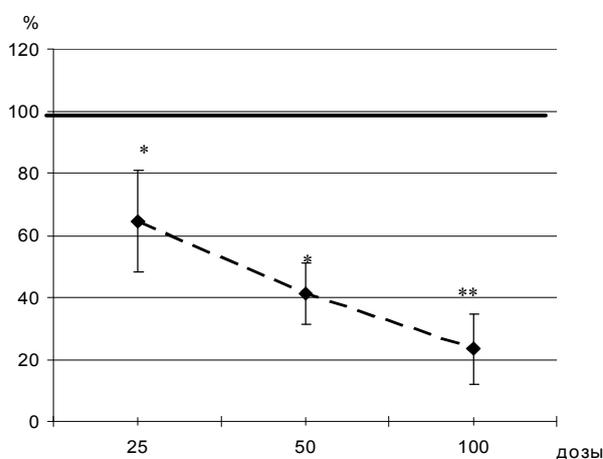


Рис 3. Влияние 2,3,4,5-тетрагидро-1Н-1,5-бензодиазепинона-2 в различных дозах на поведение крыс в тесте «подвешивание за хвост».

За 100 % принят диазепам в терапевтической дозе.

Следует отметить, что кроме теста Порсолта используют и тест «подвешивания за хвост», который также отражает уровень депрессии животных [12]. Полученные результаты показали, что достоверно снижается время иммобильности (время, за которое крыса достигает основания хвоста) в среднем на 43,0 % по сравнению с диазепамом (рис. 3).

Таким образом, по результатам двух тестов (Порсолта и «подвешивание за хвост») БП обладает антидепрессантным действием, превышающим по силе диазепам.

Результаты, полученные при использовании теста «черно-белая камера», представлены на рис. 4. Как видно из рисунка БП в дозах 25 и 50 мг/кг достоверно повышал время выходов животных в светлый отсек камеры в среднем на 157,2 % по сравнению с диазепамом. Однако, следует обратить внимание на то, что в высокой дозе (100 мг/кг) БП снижал данный показатель на 48,0 %. Очевидно, такая доза БП является высокой. Таким образом, в дозах 25 и 50 мг/кг БП проявляет анксиолитические свойства, а в дозе 100 мг/кг усиливает беспокойство и тревогу животных.

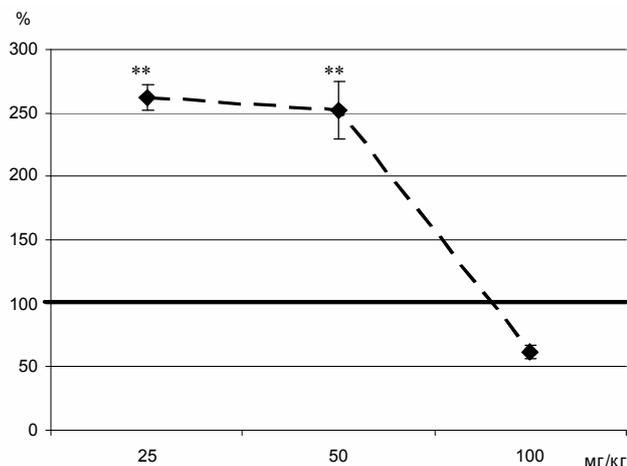


Рис. 4. Влияние 2,3,4,5-тетрагидро-1H-1,5-бензодиазепинона-2 в различных дозах на поведение крыс в тесте «черно-белая камера». За 100 % принят диазепам в терапевтической дозе.

Из литературы известно, что диазепам взаимодействует со специфическими бензодиазепиновыми рецепторами, расположенными в постсинаптическом ГАМК<sub>A</sub>-рецепторном комплексе (повышает чувствительность ГАМК-рецепторов к медиатору, что обуславливает повышение частоты открытия в цитоплазматической мембране нейронов каналов для входящих токов ионов хлора, в результате происходит усиление тормозного влияния ГАМК и торможение межнейронной передачи в соответствующих отделах ЦНС) в лимбической системе мозга, таламусе, гипоталамусе, восходящей активирующей ретикулярной формации ствола мозга и вставочных нейронах боковых рогов спинного мозга [6, 7]. Некоторые из этих структур относят к физиологической системе, регулирующей поведение животных. Результаты нашей работы показали, что БП по направленности эффектов аналогичен диазепаму, однако по силе действия БП является более эффективным соединением. В связи с этим его можно рекомендовать для дальнейшего доклинического исследования.

ВЫВОДЫ

1. В тестах «открытое поле» и «черно-белая камера» 2,3,4,5-3-тетрагидро-1Н-1,5-бензодиазепинон-2 в зависимости от дозы обладает анксиолитическим действием и по силе действия превышает фармпрепарат диазепам.
2. По данным тестов Порсолта и «подвешивание за хвост» 2,3,4,5-3-тетрагидро-1Н-1,5-бензодиазепинон-2 проявляет антидепрессантные свойства, превышая на 65,0 % действие диазепама.

Список литературы

1. Андронати С.А., Воронина Т.А., Головенко Н.Я. и др. Гидазепам. – К.: Наукова думка, 1992. – 200 с.
2. Андронати С.А., Яворский А.С., Чепелев В.М. Механизм действия анксиолитических, противосудорожных и снотворных средств. – Киев, Наукова думка, 1988. – 256 с.
3. Богатский А.В., Андронати С.А., Головенко Н.Я. Транквилизаторы. 1,4-бензодиазепиноны и родственные структуры. – Киев: Наукова думка, 1980, - 278с.
4. Fedoroff I.C., Taylor S. Psychological and pharmacological treatments of social phobia: a meta-analysis // J. Clin. Psychopharmacol. – 2001.– Vol. 21, № 3. – P. 311–324.
5. Pollack M.H. Optimizing pharmacotherapy of generalized anxiety disorder to achieve remission // J. Clin. Psychiatry. –2001. – Vol. 62, Suppl. 19. – P. 20–25.
6. Машковский М.Д. Лекарственные средства. Издание тринадцатое. – Х.: Торсинг. – 1997. – Т.1. – С. 432–433.
7. Mediratta P.K., Sharma K.K., Rana J. Development of differential tolerance to the sedative and anti-stress effects of benzodiazepines // Indian J. Physiol. Pharmacol.– 2001. – Vol. 45, № 1. – P. 111–115.
8. Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Д.П. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения (пер. с англ.). – М.: Мир. – 1991. – 268 с.
9. Маркель А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте открытого поля // Журн. высш. нервн. деятельности. – 1981. – Т. 31, №2. – С. 301–307.
10. Porsolt R.D., M.Le Pinchon, Jalfre M. Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatments // Nature. – 1977. – V. 266. – P. 730-732.
11. Porsolt R.D., McArthur R.A., Lenegre A. Psychotropic screening procedures: In: Methods in Behavioral Pharmacology, Ed. F. van Haaren, Elsevier, New York, 1993. – P. 23-51.
12. Greenshaw A.J., Nguyen T.V., Sanger D.J. Animal models for assessing anxiolytic, neuroleptic and antidepressant drug action: In: Neuromethods (V.10, Analysis of Psychiatric Drugs) Eds A.Boulton, G. Baker, R. Coutts, Humana press, Clifton, 1988. – P. 379-427.
13. Лапин И.П. Модели тревоги на мышах: оценка в эксперименте и критика, методики // Экспер. клин. фармакол. – 2000. – Т. 63, № 3. – С. 58-62.
14. Лапин И.П. Уменьшение частоты выглядываний из темного отсека единственный постоянный показатель влияния анксиогенов на поведение мышей в камере «свет-темнота» // Журнал ВНД им. И.П.Павлова. – 1999.– Т.49, № 3. – С. 521-526.

Гамма Т.В., Коренюк І.І. Порівняльний аналіз ефектів 2,3,4,5-3тетрагідро-1Н-1,5-бензодіазепінону-2 і фармпрепарату діазепаму // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 53-58.

В роботі з використанням тестів Порсолта і “підвішування за хвіст” встановлено, що 2,3,4,5-3-тетрагідро-1Н-1,5-бензодіазепінон-2 проявляє антидепресантні властивості, перевищуючи на 65 % дію діазепаму. За результатами тестів „відкрите поле” і “чорно-біла камера” 2,3,4,5-3-тетрагідро-1Н-1,5-бензодіазепінон-2 в залежності від дози має анксиолітичну або анксиогенну дію, які по силі перевершують фармпрепарат діазепам.

Ключові слова: 1,5-бензодіазепіни, поведінка, щури.

Gamma T.V., Korenyuk I.I. The comparative analysis of effects 2,3,4,5-tetrahydro-1H-1,5-benzodiazepinone-2 and diazepam // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 53-58.

In job with use of the tests Porsolt and "the suspension for a tail" is established, that 2,3,4,5-tetrahydro-1H-1,5-benzodiazepinone-2 shows antidepressive property, exceeding on 65,0 % action diazepam. By results of the tests "open field" and "black-and-white chamber" 2,3,4,5-tetrahydro-1H-1,5-benzodiazepinone-2 depending on a dose has anxiolytic and anxiogenic action and on force of action exceed diazepam.

Keywords: 1,5-benzodiazepine, behaviour, rats.

Поступила в редакцию 26.03.2008 г.

УДК 612.82+612.018:615.847.8-057.875

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАБОТЕ НА ПЕРСОНАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ, НА ЭКСКРЕЦИЮ 6 – ГИДРОКСИМЕЛАТОНИНСУЛЬФАТА

Генералов О.В., Куркчи О.Э., Яценко С.Г.

В статье приведены результаты исследования экскреции 6 – гидроксимелатонинсульфата (6 – ГМС) у студентов. Выявлена зависимость уровня 6 – ГМС от электромагнитных факторов, возникающих при работе студентов на персональных компьютерах. Отмечена более низкая продукция мелатонина у иностранных студентов.

Ключевые слова: мелатонин, студенты, электромагнитные факторы.

### ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие техники всё более заполняет наше жизненное пространство электромагнитными полями (ЭМП), источниками которых в том числе являются персональные компьютеры (ПК) [1]. В течение последнего десятилетия, в связи с развитием вычислительной техники и Интернет – технологий, ПК широко внедряются и становятся неотъемлемым атрибутом научных учреждений и учебных заведений [2]. При столь широком распространении компьютерной техники достаточно быстро выявились случаи её неблагоприятного влияния на здоровье работающих с ней людей. ЭМП видеодисплейных терминалов (ВДТ) могут потенцировать развитие функциональных расстройств и даже патологических состояний [3, 4]. Так как активными пользователями ПК являются в основном молодые люди репродуктивного периода, исследование вышеуказанных нарушений и их профилактика у этой категории лиц приобретают большое значение.

В зависимости от частоты и других параметров ЭМП в организме может изменяться поверхностное натяжение воды, проницаемость клеточных мембран, реакция аминокислот, структура ДНК и т.д. [5]. Универсальным эндогенным антиоксидантом и адаптогеном, защищающим организм от подобных нарушений является мелатонин (М) [6, 7], на образование которого в свою очередь могут оказывать влияние ЭМП [5]. Общая продукция М в организме включает центральное звено, мелатонин-продуцирующие клетки которого расположены в пинеальной железе и зрительной системе (сетчатка, гардерианова железа), ритм секреции М в которых совпадает с ритмом свет-темнота. Периферическое звено включает все остальные апудоциты в других органах, и выработка в них М не зависит от освещенности. Низкий уровень ночной концентрации М связан с рядом патологических состояний человека [6, 7].

Время биологической полужизни М равно 45 минутам. Это означает, что для исследовательских целей образцы крови должны быть собраны через короткие промежутки времени. Нарушение сна в течение ночи, с целью сбора образцов, может повлиять на уровень М в крови. Этого можно избежать, если определять уровень метаболита М: мелатонин сульфата (6 – сульфатоксимелатонина) в моче, т.к. 80 – 90%% мелатонина секретируется в мочу в виде мелатонинсульфата, который коррелирует с общим уровнем мелатонина в крови [8] в течение периода сбора образцов. Концентрация мелатонина имеет самый низкий уровень в 16 часов и достигает своего пика к 2 – 4 часам утра. Максимальная и минимальная концентрации 6 – сульфатоксимелатонина может быть измерена 2 – 4 часами позже в моче. Это позволило нам использовать для исследования ночные порции мочи для определения концентрации 6 – сульфатоксимелатонина (6 – ГМС) у студентов, являющихся, ввиду особенностей обучения на современном этапе, активными пользователями ПК.

Угнетающее влияние на продукцию мелатонина оказывают яркое освещение, электромагнитные поля, никотин, алкоголь, кофе, многие фармакологические средства (допамин, бензодиазепины, бета-адреноблокаторы, антагонисты кальция), стимулирующий эффект — ингибиторы обратного захвата серотонина, метионин [9]. В доступной литературе вопросы о влиянии электромагнитных факторов, возникающих при работе на персональном компьютере, на продукцию мелатонина освещены недостаточно. В связи с этим целью нашего исследования было изучение зависимости продукции М от интенсивности воздействия ЭМП и Электростатических полей (ЭСтП), возникающих при работе на ПК. Для достижения поставленной цели мы сформулировали следующие задачи:

1. Изучить интенсивность и напряженность ЭМП и ЭСтП, возникающих при работе ПК;
2. Определить внеаудиторное время, которое затрачивают студенты - медики на работу с ПК, а также время, необходимое для решения тестовых заданий во время компьютерных тренингов с целью подготовки к государственному лицензионному экзамену «Крок»;
3. Исследовать концентрацию 6 – ГМС у студентов до и после работы на ПК и выяснить взаимосвязь между продукцией М и интенсивностью ЭМП.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Напряженность ЭМП у системных блоков и мониторов (Samsung SingMaster 3Ne, Samsung SingMaster 753 DFX, LD Studioworks) определялась на расстоянии 0, 5 м от источника, при рабочей частоте от 60 КГц до 300 МГц, по электрической составляющей на рабочих местах при работе за ПК в течение двух часов измерителем напряженности ближнего поля НФМ – 1 № 2189 и сравнивалась с нормативными документами. Измерение напряженности ЭСтП проводилось в тех же аудиториях на расстоянии 0,5 м от источника измерителем электростатического поля ИЭСП – 7 № 212 и сопоставлялось с нормами.

Помимо этого было проведено анкетирование 258 студентов с определением наличия личных ПК и выявлением времени работы на ПК.

В исследовании уровня 6 - ГМС приняли участие 35 студентов КГМУ мужского пола в возрасте 23 – 26 лет. Обследованные не имели клинически значимой патологии со стороны сердечно – сосудистой, дыхательной и нервной систем, нарушений функционального состояния почек и печени, эндокринных заболеваний, злокачественных новообразований, патологии кроветворной системы. Данные студенты проходили подготовку к государственному тестовому лицензионному экзамену «Крок – 2» в виде выполнения тестовых заданий на ПК и бумажном носителе (БН). Компьютерные тренинги проводились трехкратно в течение недели. Студентам предлагались два раза по 100 и один раз 200 тестовых заданий, причем решение одного задания занимало 1 минуту. Группы исследований формировались следующим образом: 1 – ю группу составили малазийские студенты, 2 –ю группу – отечественные, выполнявшие тестовые задания на ПК. В контрольную группу вошли отечественные студенты, выполнявшие тестовые задания на БН. Исследования (при стандартном режиме бодрствования, сна и освещенности, типовой диете, исключающей прием кофе, алкоголя, фармакологических препаратов, курения, оказывающих влияние на функциональное состояние эпифиза) проводили путем определения ночной экскреции 6 – ГМС в моче. Сбор мочи осуществляли двукратно у каждого испытуемого (до и после выполнения всех тестовых заданий). Из общих объемов мочи отбирали пробы (5 мл), которые хранили при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . Концентрацию 6 – ГМС в пробах мочи определяли иммуноферментным методом на анализаторе ИФА – ОЭП (Россия) с использованием стандартных наборов компании IBL ELISA–Hamburg (Германия). Концентрацию аналитов (нг/мл) определяли при помощи построения калибровочного графика зависимости полученных оптических плотностей стандартов от концентрации соответствующих стандартов.

При статистическом анализе полученных результатов использовали непараметрические критерии с определением медианы т.к. полученные вариационные ряды отличались от нормального распределения, а медиана служит достаточно хорошей характеристикой асимметричного распределения и устойчива к сильно отклоняющимся значениям [10,11], которые нельзя было исключить из анализа ввиду индивидуальных количественных особенностей концентрации М [12].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При измерении напряженности ЭМП у системных блоков и мониторов (Samsung SingMaster 3Ne, Samsung SingMaster 753 DFX, LD Studioworks) при рабочей частоте от 60 КГц до 300 МГц по электрической составляющей на рабочих местах при работе за ПК в течение одного часа составило 2,0 – 5,0 В/м, что соответствует нормативным документам (предельно допустимое значение - 5,0 В/м). Напряженность ЭСтП у мониторов ПК исследовалась в тех же аудиториях и была равна, при работе в течение одного часа, 0,4 – 5,2 кВ/м, не превышая предельно допустимых уровней (5,5 кВ/м), но при включении студентами мобильных телефонов увеличивалась до 5,8 – 7,0 кВ/м и выходила за границы допустимого.

В результате анкетирования получены следующие данные: личные ПК есть у 82,86 % малазийских и у 66,67 % украинских студентов. На работу с ПК украинцы тратят 1 ч 45 мин в день и 9 ч 40 мин в неделю, у малазийцев на это уходит времени

более чем в два раза: 3 ч 45 мин и 22 ч 50 мин соответственно. Во время проведения компьютерных тренингов добавляется еще и время тестирования – 6 ч 40 мин за неделю, тем самым, увеличивая «ЭМП - нагрузку» у малазийских студентов на 29,17 % и на 68,94 % у отечественных студентов.

Полученные данные об экскреции 6 – ГМС свидетельствуют о более низкой продукции мелатонина у малазийцев. На момент первого исследования концентрация 6 – ГМС у этой группы была достоверно ниже, чем у отечественных студентов на 54,42% (табл. 1).

Таблица 1.  
Ночная экскреция 6 - гидроксимелатонинсульфата у студентов в нг/мл

Группа	Исследования					
	1			2		
	Медиана	min	max	Медиана	min	max
1 (n=12)	25,75±4,54	17,0	63,5	10,65 ±3,53 <sup>1</sup>	1,9	39,5
2 (n=11)	56,50 ±18,06 <sup>3</sup>	37,5	181,0	25,00 ±6,89 <sup>2,4</sup>	7,5	67,5
К (n=12)	63,50 ±12,54 <sup>5</sup>	10,03	126,0	43,50 ±12,15 <sup>6</sup>	34,0	155,0

Примечание: <sup>1,2</sup> – достоверность различий между 1-м и 2-м исследованиями внутри 1-й и 2-й групп -  $p < 0,01$  и  $p < 0,05$  соответственно; <sup>3,4</sup> - между 1-й и 2-й группами при 1-м и 2-м исследованиями соответственно -  $p < 0,001$ ; <sup>5,6</sup> - между 1-й и 3-й группами при 1-м и 2-м исследованиями -  $p < 0,001$ .

На момент 2- го исследования эта разница составила 57,40% при сравнении с отечественными студентами, входящими во 2-ю группу. После компьютерного тренинга по группам отмечалось снижение экскреции 6 – ГМС, носившее достоверный характер: на 55, 75 % ( $p < 0,05$ ) у отечественных студентов и на 58,64 % ( $p < 0,01$ ) у малазийских. При сравнении результатов с группой контроля отмечается меньшая продукция в 1-й группе на 75,51 % и во 2-й на 42,52 %.

Внутри контрольной группы при 2 – м исследовании уровень 6 – ГМС снизился на 31,49 % и носил недостоверный характер ( $p = 0,677$ ).

Полученные данные свидетельствуют о снижении продукции мелатонина у студентов после тестовых тренингов, как на БН, так и на ПК, причем в последнем случае изменения носили достоверный характер, что может быть расценено как влияние электромагнитных факторов, возникающих при работе на ПК. Кроме этого следует отметить и более низкую продукцию мелатонина М у малазийских студентов, что может быть следствием генетических особенностей.

## ВЫВОДЫ

1. При измерении напряженности ЭМП и ЭСтП у системных блоков и мониторов на рабочих местах при работе за ПК получены уровни, не превышающие предельно допустимые, но при включении студентами мобильных телефонов напряженность ЭСтП повышалась до 5,8 – 7,0 кВ/м и выходила за границы гигиенических нормативов.

2. На работу с ПК украинские студенты тратят 1 ч 45 мин в день и 9 ч 40 мин в неделю, у малазийских на это уходит времени более чем в два раза: 3 ч 45 мин и 22 ч 50 мин соответственно. При проведении компьютерных тренингов добавляется еще и время тестирования – 6 ч 40 мин за неделю, тем самым, увеличивая «ЭМП - нагрузку» у малазийских студентов на 29,17 % и на 68,94 % у отечественных.
3. При выполнении тестовых заданий на персональных компьютерах продукция мелатонина снизилась на: 58,64 % ( $p < 0,01$ ) у малазийских и 56,52 % ( $p < 0,05$ ) у украинских студентов. Это может быть обусловлено действием электромагнитных факторов, возникающих при работе с ПК, т.к. в группе контроля, где студенты выполняли тестовые задания на бумажном носителе, изменения носили недостоверный характер ( $p = 0,677$ ).

#### Список литературы

1. Чукова Ю.П. Эффекты слабых воздействий. Термодинамический, экспериментальный (биологический и медицинский), социальный, законодательный, международный и философский аспекты проблемы. – М.: Компания «Алес», 2002. – 426 с.
2. Дрожжина Н.А., Фомина А.В., Михайлов И.М. Оценка влияния на здоровье человека различных факторов, возникающих при работе на компьютере. // Вестник РУДН, Серия Медицина, 2003. - № 5 (24). – С. 57 – 59.
3. Щелкунов Л.Ф., Корзун В.Н. Рост заболеваемости населения как отражение экологических проблем // Современные проблемы токсикологии. – 2005. - №2. – С. 4 – 12.
4. Smith M.J. Psychosocial aspects of working with video display (VDTs) and employee physical and mental health. // Ergonomics 1997 Oct; 40 (10): P. 1002 – 1015.
5. Беленичев И.Ф., Губский Ю.И., Левицкий Е.Л. и др. Регуляция антиоксидантного гомеостаза и системы детоксикации организма гормоном мелатонином. Роль мелатонин – зависимых реперторов в реализации этой функции. // – 2003. - №2. – С.8 – 16.
6. Reiter, R. J. Oxidative damage to nuclear DNA: amelioration by melatonin. NEL Review // Neuroendocrinol. Lett. - 1999. - Vol. 20. - P.145 - 150.
7. Мелатонин: роль и значение в возрастной патологии. / Т. В. Кветная, И. В. Князькин. – Под ред. чл.-кор. РАМН д.м.н. проф. В. Х. Хавинсона. – СПб.: ВмедА, 2003. – 93с.
8. Мусаева З.А., Окнин В.Ю., Хапаев Б.А Особенности суточного ритма артериального давления у пациентов с первичной артериальной гипотонией и нейрогенными синкопальными состояниями // Терапевтический архив. - 2002. – Т.74, N 10. – С.85-88.
9. Анисимов В.Н., Кветной И.М., Комаров Ф.И., Малиновская Н.К., Рапопорт С.И. Мелатонин в физиологии и патологии желудочно-кишечного тракта. —М.: Советский спорт, 2000. – 58 с.
10. Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И. Прикладная медицинская статистика. – СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2003. – 432 с.
11. Лях Ю.Е., Гурьянов В.Г., Хоменко В.Н., Панченко О.А. Основы компьютерной биостатистики: анализ информации в биологии, медицине и фармации статистическим пакетом MedStat- Д.: Папакица Е.К., 2006. – 214 с.
12. Instructions for Use «Melatonin Sulfate ELISA». IBL – Hamburg. – Version 1.1. - 2006. - 14 p.

Генералов О.В., Курчки О.Э., Яценко С.Г. Вплив електромагнітних чинників, що виникають при роботі на персональному комп'ютері, на екскрецію 6 - гідроксимелатонінсульфата // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 59-64.

У статті приведені результати дослідження екскреції 6 - гідроксимелатонінсульфату у студентів (6 - ГМС). Виявлена залежність рівня 6 - ГМС від електромагнітних чинників, що виникають при

роботі студентів на персональних комп'ютерах. Відзначена більш низька продукція мелатоніну в іноземних студентів.

Ключові слова: мелатонин, студенти, електромагнітні чинники.

Generalov O.V., Kurkchi O.E., Yaschenko S.G. Influence of electromagnetic factors, which arising up during work with personal computer, on excretion the 6 - hydroxymelatonininsulfate // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 59-64.

The results of students' examination the 6 - hydroxymelatonininsulfate (6 - HMS) excretion are represented in the article. Dependence of the 6 - HMS level is exposed from electromagnetic factors, which arising up during work of students with personal computers. More low production of melatonin is marked at foreign students.

Keywords: melatonin, students, electromagnetic factors.

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.

УДК 595.123: 613.168

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ ПЛАНАРИЙ DUGESIA TIGRINA

Демцун Н.А., Махонина М.М., Темурьянц Н.А., Мартынюк В.С.

Показано, что электромагнитное экранирование изменяет скорость регенерации планарий. Эти изменения зависят от продолжительности экранирования. Кратковременное периодическое электромагнитное экранирование (один час в сутки) приводит к увеличению скорости регенерации в течение вторых-седьмых суток (13%) относительно животных находящихся в обычных условиях лаборатории, тогда как в остальные сроки наблюдений значительных изменений не зафиксировано. В то время как длительное электромагнитное экранирование (23 часа в сутки) регенерирующих планарий в течение десяти дней значительно увеличивает скорость их регенерации со вторых по шестые сутки наблюдений (на 147%) относительно контрольной группы животных, сокращает сроки развития головы и глаз, синхронизируя этот процесс у различных животных. В то время как во второй и третьей фазах значительных изменений не наблюдалось.

Ключевые слова: электромагнитное экранирование, *Dugesia tigrina*, регенерация.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время доказана высокая чувствительность к электромагнитным полям (ЭМП) различных параметров организмов различной степени сложности, включая человека. Биологические эффекты ослабленных ЭМП изучены слабо, последствия пребывания различных биологических объектов в таких полях противоречивы. Между тем, ослабление ЭМП разных диапазонов имеет место при экранировании во многих производственных помещениях, электропоездах, самолетах, космических кораблях и др.

В связи с изложенным возникает необходимость в изучении некоторых закономерностей действия ослабленных ЭМП. В частности не изученным остается зависимость их биологических эффектов от продолжительности пребывания в экранированном пространстве. В связи с этим целью исследования явилось изучение этой зависимости.

Удобным объектом для таких исследований являются регенерирующие планарии. Эта система отличается доступностью, экономичностью, хорошей воспроизводимостью результатов и, кроме того, отвечает современным этическим требованиям, согласно которым следует ограничить использование млекопитающих в эксперименте. Благодаря этим достоинствам, регенерация планарий успешно используется для изучения свойств воды, тестирования фармакологических веществ, биологического действия электромагнитных факторов [1-4] и так далее. Последнее обстоятельство обусловлено тем, что показана чувствительность

планарий к изменению интенсивности и направления геомагнитного поля [5], радиоактивному излучению [6], ЭМП различных параметров [7]. Более того, они оказались удобным объектом для изучения механизмов действия комбинированных ЭМП [7, 8]. В тоже время, влияние электромагнитного экранирования на регенерацию планарий не изучено.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована лабораторная бесполоая раса планарий *Dugesia tigrina*, культура которой содержится в Институте биофизики клетки РАН десятки лет при постоянных условиях, а в настоящее время успешно культивируется и в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского. Здесь планарии содержатся в пластиковых аквариумах объемом по пять литров в воде, представляющей собой смесь дистиллированной и водопроводной воды в пропорции 1:1. Аквариумы находятся в затемненных условиях, температура воды в них поддерживается от 19-21°. Кормление планарий осуществляется один раз в неделю личинками двукрылых (мотылем). Кормление прекращается за семь дней до эксперимента.

Для эксперимента отбирали животных длина которых составила  $\approx 10 \pm 1$  мм.

Регенерация вызывалась ампутацией 1/5 части головного конца тела планарий, содержащей головной ганглий, непосредственно под «ушами» (рис.1А). Декапитация проводилась под бинокулярным микроскопом глазным скальпелем в нестерильных условиях.

Декапитированные планарии делились на три группы по 25 особей каждая, и помещались в стеклянные стаканы, содержащие по 50 мл воды.

Животные первой группы служили биологическим контролем, то есть регенерация у них протекала без каких – либо дополнительных воздействий.

Животных второй группы ежедневно в течении одного часа (с 10 до 11 час.) содержали в экранирующей камере, а остальное время суток они находились в условиях, одинаковых с контрольной группой животных.

Третью группу составили животные, которых 23 часа в сутки содержали в экранирующей камере в течение десяти дней. Ежедневно в течение одного часа (всегда в одно и тоже время с 10 до 11 час.) проводили контроль регенерационных процессов, измерение температуры воды и т.д..

Для животных всех групп в течении всего эксперимента поддерживался одинаковый режим освещенности, температуры. Через один час после декапитации вторая и третья группы помещались в экранирующую камеру.

Для оценки динамики роста регенерационной почки (бластемы) планарий применяли метод прижизненной морфометрии, использующий компьютерные технологии анализа изображений [9, 10]. Применение этого метода обусловлено следующими особенностями биологии и морфогенеза планарий:

1. Сохранение у регенератов способности к достаточно длительному однонаправленному движению в горизонтальной плоскости, что важно для получения стандартных изображений проекции сверху.

2. Отсутствие на поверхности бластемы пигментированного эпителия, что позволяет четко определять границу между бластемой и пигментированной остаточной частью тела.

Подробное описание установки для прижизненной морфометрии, используемой в настоящем исследовании представлена в наших предыдущих работах [11]. Фиксация изображений осуществлялась у животных всех групп ежедневно в течении десяти дней в одно и то же время суток.

В качестве количественного показателя роста планарий нами использован индекс регенерации  $R=S_1/S_2$ , где  $S_1$  - площадь бластемы,  $S_2$  - площадь всего тела регенерата в данный момент времени (рис. 1). Кроме того, подсчитывали скорость регенерации, то есть изменение индекса регенерации за сутки (усл.ед./сутки). Также регистрировались следующие показатели, характеризующие процессы регенерации:

1. сроки появления пигментированных участков на месте будущих глаз (рис.1 – В);
2. сроки появления сформированных глаз (рис. 1 - Г);
3. формирование головы, но без «ушей» (рис. 1 – Д);
4. начало формирования «ушей».

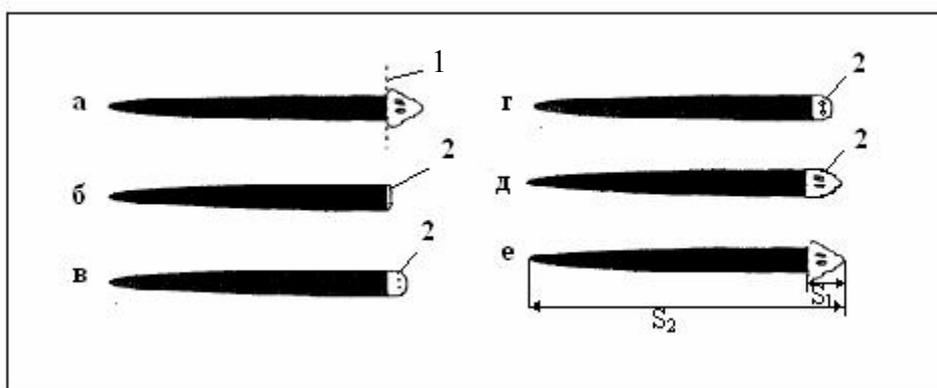


Рис.1. Этапы изучения регенерации планарий, где а - планария до декапитации; б - начальная стадия регенерации; в - появление пигментации на месте будущих глаз; г - полностью сформированные глаза; д - планария со сформированной головой, без «ушей»; е - планария со сформированной головой; 1 - граница декапитации; 2 - бластема.

Обработка изображений регенерирующих планарий всех групп проводилась слепым методом.

Экранирующая камера представляет из себя комнату размером 2 х 3 х 2 метра, изготовленную из мю-металла. Коэффициент ослабления магнитной составляющей в зависимости от направления составил от 3,85 для Z-направления до 19,1 для Y-направления, а электрическая ослаблялась полностью в пределах погрешности прибора.

Обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью непараметрических методов. Статистическая обработка материала проводилась вычислением медианы (М), интерквантильного интервала между 25<sup>м</sup> и 75<sup>м</sup> процентилями, включающим 50% значений признака в выборке. Оценку

достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью U-критерия Манна-Уитни и Вилкоксона.

Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel [12], программного пакета «STATISTICA – 6.0» [13].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что индекс регенерации интактных планарий в различные сроки наблюдения изменялся фазно, с различной скоростью. Со вторых по седьмые сутки эксперимента средняя скорость регенерации составила  $4,5 \cdot 10^{-3}$  усл.ед/сутки (рис.2). В последующие восьмые – девятые сутки коэффициент регенерации не изменялся относительно седьмых суток наблюдения, что может свидетельствовать об остановке роста бласты. В течении девятых - десятых суток вновь регистрировалось увеличение площади бласты, при этом скорость регенерации составила  $11,6 \cdot 10^{-3}$  усл.ед./сутки

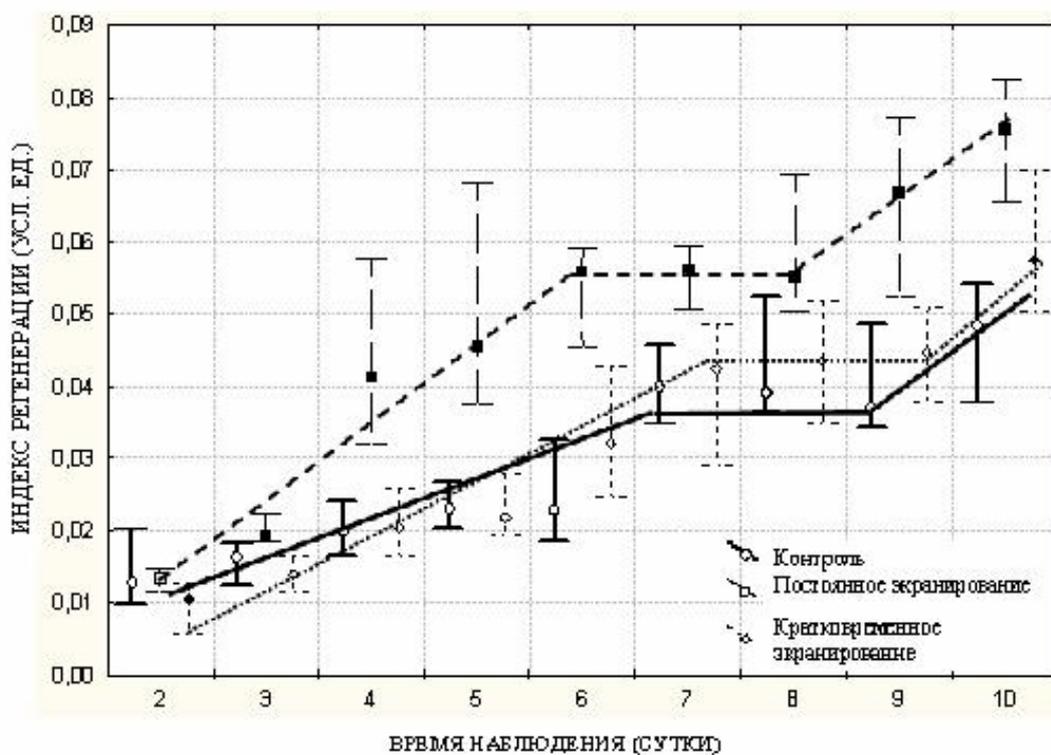


Рис. 2. Динамика индекса регенерации планарий в различных экспериментальных группах в течении десяти суток эксперимента.

Заштрихованные точки -  $p < 0,05$ , по сравнению с контрольной группой; не заштрихованные -  $p > 0,05$ .

Одновременно с ростом бластемы регистрировались изменения ее структуры. С пятых суток наблюдения линейно нарастало число особей, у которых появлялась пигментация на месте будущих глаз. Так, на девятые сутки эксперимента этот признак регенерации регистрировался у 60% планарий.

К последнему дню эксперимента у 12% животных регистрировались сформированные глаза (рис 1-Г, рис. 4-А). Таким образом, второй значительный рост бластемы сопровождается появлением у части животных глаз. Однако, полное формирование головы к этому сроку наблюдения не отмечено ни у одного животного, а зачатки ушей фиксировались в единственном случае.

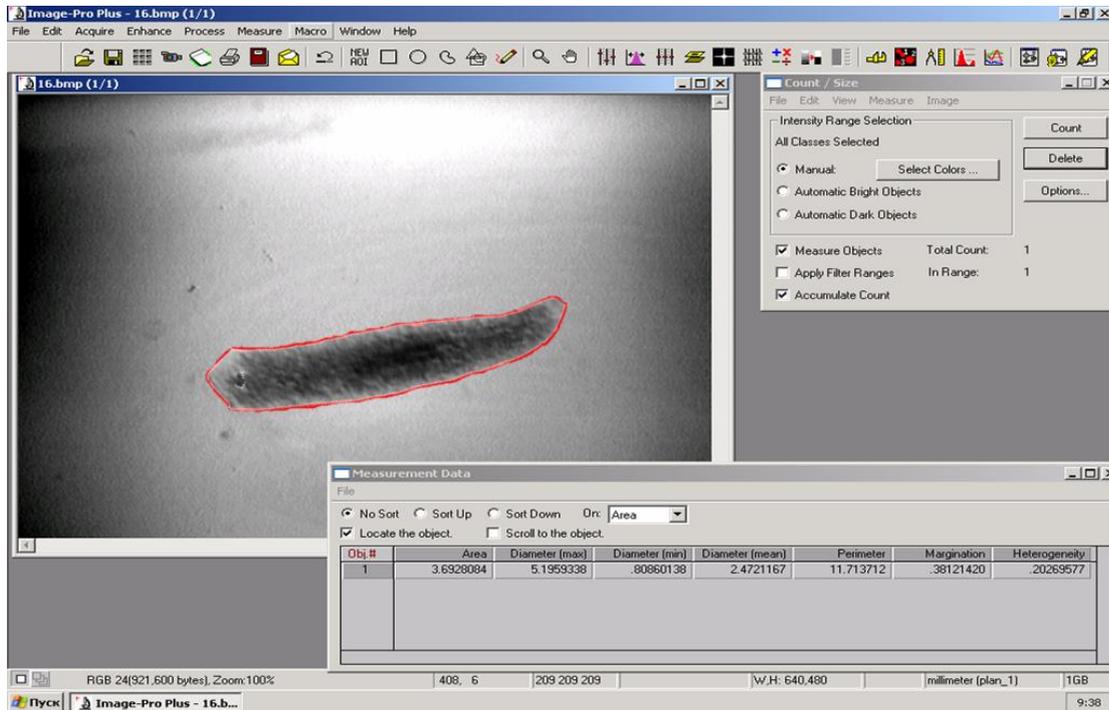


Рис. 3. Пример животного третьей экспериментальной группы на девятые сутки с полностью сформированными глазами.

У планарий, подвергавшихся кратковременному периодическому электромагнитному экранированию на вторые сутки эксперимента индекс регенерации был на 18 % ( $p < 0,05$ ) ниже относительно такового контрольной группы животных (рис. 2). Однако, скорость регенерации была равна  $5,1 \cdot 10^{-3}$  усл.ед./сутки, что на 13% выше чем в аналогичный период у интактных животных. В течении седьмых - девятых суток, как и в контрольной группе индекс регенерации не изменялся, но к девятым суткам его рост возобновился ( $12,8 \cdot 10^{-3}$  усл.ед./сутки), а изученный показатель был на 21% ( $p < 0,05$ ) выше чем у животных контрольной группы (рис. 2).

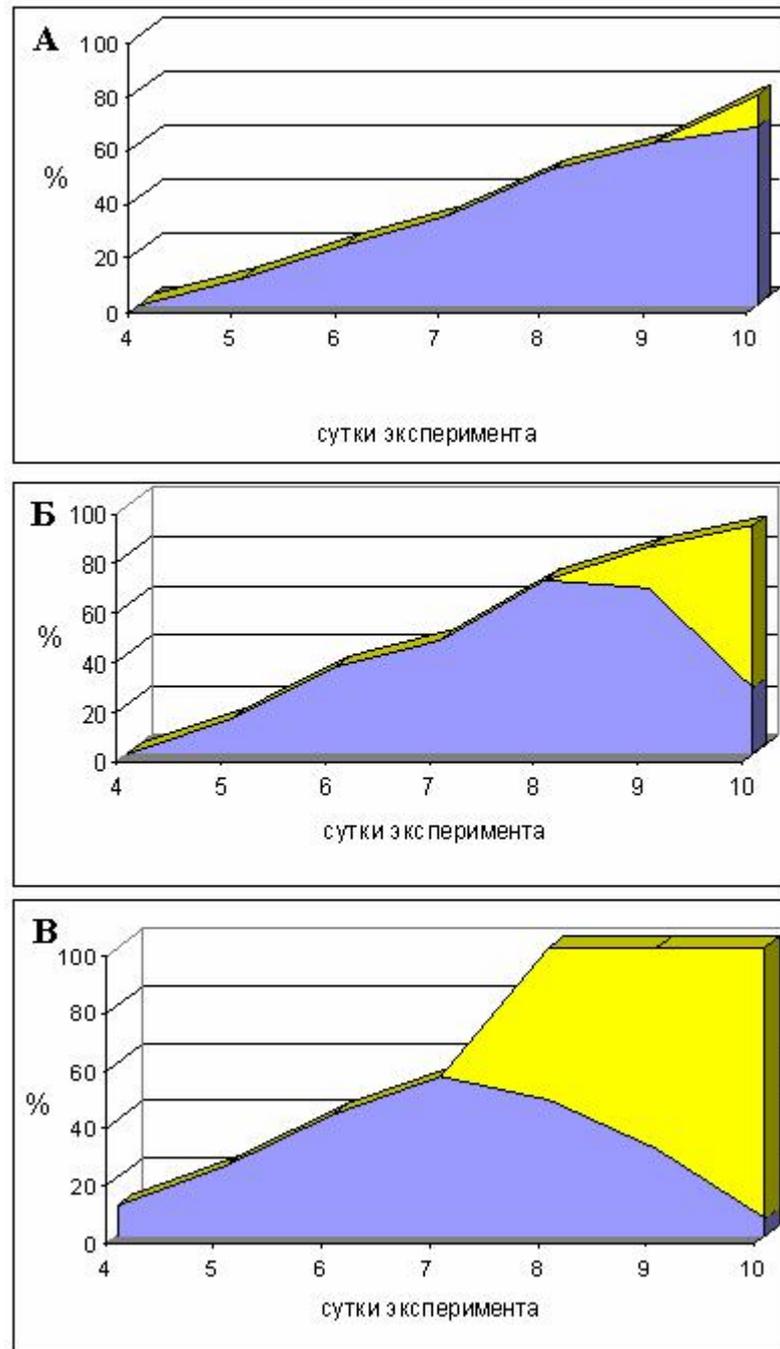


Рис. 4. Доля животных с первичной пигментацией глаз ■ и полностью сформированными глазами ■ в контрольной группе животных (А), в группах животных подвергнутых кратковременному (Б) и постоянному (В) экранированию (в процентах, относительно общего числа животных в группе).

Одновременно с изменением индекса регенерации у животных, подвергшихся кратковременному периодическому экранированию, регистрировалось более быстрое увеличение числа планарий с пигментом на месте будущих глаз относительно такового у интактных животных (рис. 1-В, рис. 4-Б). Начиная с шестых суток, отличия в числе таких особей от таковых контрольной группы становятся значительными  $\approx 10\%$ , на восьмые –  $20\%$  ( $p < 0,05$ ). Кроме того, у животных этой группы раньше появлялись особи с полностью сформированными глазами (рис. 1-Г, рис. 4-Б). Так на девятые сутки наблюдения они регистрируются у  $10\%$  планарий, а на десятые – у  $65\%$ , тогда как у контрольной группы животных  $0$  и  $12\%$  соответственно, (рис. 4). Среди животных данной группы к последним суткам наблюдения появились особи прошедшие стадию со сформированной головой (рис 1-Д), у этих животных началось формирование «ушей».

Таким образом, кратковременное пребывание регенерирующих планарий в экранирующей камере приводит к фазным изменениям индекса регенерации характерным для интактных животных, а также уменьшению сроков формирования глаз.

Скорость регенерации у животных третьей группы (находившихся в экранирующей камере по 23 часа) была постоянной в течение первых шести суток и составляла  $11,1 \cdot 10^{-3}$  усл.ед./сутки, что на  $147\%$  выше таковой у интактных животных (рис.2). Таким образом, в этих условиях эксперимента скорость регенерации значительно возростала. Кроме того, время развития плато индекса регенерации сдвигалось влево на одни сутки (шестые – восьмые сутки), а вслед за ним имел место рост индекса регенерации, характерный и для динамики регенерации двух остальных групп планарий. Скорость изменения изученного показателя в третьей фазе регенерации (рис.1-В) была несколько ниже таковой у интактных животных ( $12\%$ ), а его значения в последующие сутки эксперимента – превышали на  $158\%$  ( $p < 0,05$ ). Кроме того, в этой группе животных, выявлено более раннее появление планарий с пигментацией на месте будущих глаз. Так на четвертые сутки уже у  $10\%$  животных регистрировался этот признак. Полное формирование глаз регистрируется у планарий данной группы раньше на двое суток по сравнению с аналогичными процессами у интактных животных, причем этот феномен фиксируется синхронно у  $53\%$  (рис. 4). К десятым суткам эксперимента глаза регистрируются уже у всех животных тогда как у планарий контрольной группы лишь у  $10\%$  животных (рис. 4). К этому сроку стадии формирования головы достигли все без исключения планарии этой группы, а у части наблюдались зачатки «ушей». Но как и в первых двух группах животных, полного формирования головы не наблюдалось. Более раннее формирование глаз и головы может быть расценено как проявление аномалий развития.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о выраженных изменениях процесса регенерации у планарий при электромагнитной депривации. Эти изменения выражаются в увеличении индексов регенерации, более раннем развитии у животных глаз и головы. Выраженность этих изменений зависит от сроков пребывания в экранированной камере.

Полученные нами данные согласуются с результатами исследования влияния гипомангнитных полей на биологические системы различной степени сложности [14,

15]. Показано, что экранирование вызывает аномалии роста корней растений [16], нарушает ход циркадианных ритмов у человека [17, 18], нарушает поведение термитов [19], вызывает тератогенные эффекты в эмбриональном развитии [20, 21].

Так М. Asashima et al. (1991) показали, что пятидневное пребывание личинок Japanese newt (Японского тритона) в камере, ослабляющей статическое магнитное поле в 10.000 раз (до 5 пТл), увеличивало число соматических дефектов, максимальное число которых обнаруживалось на двадцатый день после окончания экранирования. Обнаруживались дефекты развития кишечной трубки, пороки развития спинного мозга, множественные глаза, замедление или блокада развития. Таких аномалий у контрольных животных не было замечено.

Показано, что аномалии развития могут быть вызваны действием слабых электромагнитных факторов различной частоты [22, 23]. Такое действие было обнаружено и для регенерирующих планарий, подвергавшихся влиянию переменных магнитных полей частотой 60 Гц при интенсивности от 1,0 до 80 мТл. [24, 25].

Известно, что спектр ЭМП, регистрируемый на поверхности Земли охватывает огромный частотный диапазон, причем для различных диапазонов источники ЭМП различны. Экраны, в зависимости от их свойств, ослабляют не только постоянное геомагнитное поле, но снижают интенсивность ЭМП во всех частотных диапазонах. Таким образом, при пребывании биологических объектов в экранированном объеме мы имеем дело с влиянием на него спектра ЭМП, отличного от такового вне экрана. Потому, регистрируемые в экране изменения могут быть обусловлены ослаблением интенсивности ЭМП любого диапазона.

К сожалению, в литературе, как правило, не приводятся данные о степени ослабления поля во всех частотных диапазонах, что лимитирует возможности интерпретации экспериментальных результатов.

Полученные нами данные об увеличении скорости регенерации планарий в условиях экранирования, а также появление ее аномалий могут быть связаны с изменением спектра ЭМП, регистрируемых внутри камеры. Роль каждого из участков этого спектра в наблюдаемых эффектах, а так же механизмы развивающихся процессов позволят выявить дальнейшие исследования.

#### ВЫВОДЫ

1. Электромагнитное экранирование изменяет скорость регенерации планарий. Эти изменения зависят от продолжительности экранирования и имеют фазный характер.
2. Кратковременное периодическое электромагнитное экранирование (один час в сутки) приводит к увеличению скорости регенерации в первой фазе (13%) относительно животных находящихся в обычных условиях лаборатории, тогда как в остальные сроки наблюдений значительных изменений не зафиксировано.
3. Длительное электромагнитное экранирование (23 часа в сутки) регенерирующих планарий в течение десяти дней значительно увеличивает скорость их регенерации в первой фазе (на 147%) относительно к контрольной группе животных, сокращает сроки развития головы и глаз, синхронизируя этот

процесс у различных животных. В то время как во второй и третьей фазах значительных изменений не наблюдалось.

Список литературы

1. Леднев В.В., Белова Н.А., Рождественская З.Е., Тирас Х.П. Биоэффекты слабых переменных магнитных полей и биологические предвестники землетрясений // Геофизические процессы и биосфера. – 2003. – Т.2, № 1. – С. 3-11.
2. Леднев В.В., Сребницкая Л.К., Ильясова Е.Н., Рождественская З.Е., Климов А.А., Белова Н.А., Тирас Х.П. Магнитный параметрический резонанс в биосистемах: экспериментальная проверка предсказаний теории с использованием регенерирующих планарий *Dugesia tigrina* в качестве тест-системы // Биофизика. – 1996. –Т. 41, №4 – С. 815-825.
3. Новиков В.В., Шейман И.М., Фесенко Е.Е. Влияние слабых и сверхслабых магнитных полей на интенсивность бесполого размножения планарий *Dugesia tigrina* // Биофизика. – 2002. – Т.47(1). – С. 125-129.
4. Тирас Х.П., Сребницкая Л.К., Ильясова Е.Н., Леднев В.В. Влияние слабого комбинированного магнитного поля на скорость регенерации планарий *Dugesia tigrina* // Биофизика. – 1996. – Т. 40, №4. – С. 826-831.
5. Brown F.A. Effects and after effects on planarians of reversals of the horizontal magnetic vector // Nature – 1966. – Vol. 209. - P.533-535.
6. Brown F.A. An orientation response to weak gamma radiation // Biological Bulletin - 1963. – Vol. 125, №2. – P.206–225.
7. Новиков В.В., Шейман И.И., Клубин А.В., Фесенко Е.Е. Влияние слабых и сверхслабых комбинированных постоянного и низкочастотного переменного магнитных полей и миллиметровых волн низкой интенсивности на регенерацию планарий *Dugesia tigrina* // Биофизика. – 2007. – Т.536, №2. – С. 372 – 375.
8. Рождественская З.Н. Влияние слабых комбинированных магнитных полей на регенерацию планарий *Dugesia tigrina*: Автореф. дис. кандидата биологических наук: 03.00.02. – Пушкино, 2003. – 22 с.
9. Тирас Х.П., Сахарова Н.Ю. Прижизненная морфометрия планарий // Онтогенез. – 1984. – Т 15, №1. – С. 42-48
10. Тирас Х.П., Хачко В.И. Критерии и стадии регенерации у планарий // Онтогенез. – 1990. - Т 21. – С. 620-624.
11. Вишневецкий В.Г., Махонина М.М., Демцун Н.А., Темурьянц Н.А. Установка для прижизненной морфометрии регенерации планарий // Ученые записки ТНУ. – 2007. – Т. 20 (59), №4. – С. 18 -21.
12. Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
13. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica. М.: МедиаСфера, 2006. – 312 с.
14. Дубров А. П. Геомагнитное поле и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 175 с.
15. Volpe P. Interactions of zero-frequency and oscillating magnetic fields with biostructures and biosystems // Photochem. Photobiol. Sci. – 2003. – Vol. 2. – P.637-648
16. Shultz A., Smith A., Dycus A. Effects on early plant growth from nulled and directional magnetic field environments. Barnothy, 1967
17. Wever R. Einfluss schwacher elektro-magnetischer Felder auf die circadiane periodizität des menschen // Naturwissenschaften – 1968. – Vol. 55. – P.29-32.
18. Borodin Y.I., Letiagin A.Y. Reaction of circadian rhythms of the lymphoid system to deep screening from geomagnetic fields of the earth // Bull Eksp Biol Med – 1990. – Vol. 2. – P.191-193.
19. Becker G. Influence of magnetic, electric and gravity fields on termite activity // Material and organism. – 1976. – Vol. 3. – P. 407-418.
20. Shibib K., Brock M., Gosztony G. The geomagnetic field: A factor in cellular interactions // Neurosci Res – 1987. – Vol.9, №4. – P.225-235.

21. Asashima M., Shimada K., Pfeiffer C. Magnetic shielding induces early developmental abnormalities in the newt // *Bioelectromagnetics* – 1991. – Vol. 12. – P.215-224.
22. Juutilainen I Development effects of electromagnetic fields // *Bioelectromagnetics* – 2005. – Suppl. 7. – P.107-115.
23. Levin M. Bioelectromagnetics in Morphogenesis // *Bioelectromagnetics* – 2003. – Voll. 24. – P.295-315.
24. Jenrov K.A., Shmth C.H., Liboff A.R. Weak extremely-low-frequency magnetic field-induced regeneration anomalies in the planarian *Dugesia tigrina* // *Bioelectromagnetics* – 1996. – Vol. 17 – P.467-474.
25. Jenrow K.A., Smith C.H., Liboff A.R. Weak extremely-low- frequency mag net ic fields and regeneration in the planarian *Dugesia tigrina* // *Bioelectromagnetics* – 1995. – Vol. 16 – P.106-112.

Демцун Н.О., Махоніна М.М., Темурьянц Н.А., Март инюк В.С. Вплив електромагнітного екранування різної тривалості на регенерацію планарій *Dugesia tigrina* // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”* – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 65-74.

Електромагнітне екранування змінює швидкість регенерації планарій. Ці зміни залежать від тривалості екранування й мають фазний характер. Короткочасне періодичне електромагнітне екранування (одна година на добу) приводить до збільшення швидкості регенерації в плинї другої - сьомої доби (13%). відносно тварин, що перебувають у звичайних умовах лабораторії, тоді як в інший термін спостережень значних змін не зафіксовано. У той час, як тривале електромагнітне екранування (23 години на добу), що регенерують планарій протягом десяти днів значно збільшує швидкість їх регенерації з другої по шостої добу спостережень (на 147%) відносно контрольної групи тварин, скорочує строки розвитку голови й очей, синхронізуючи цей процес у різних тварин. У той час як у другі і третьої фазах значних змін не спостерігалось.

Ключові слова: електромагнітне екранування, *Dugesia tigrina*, регенерація

Demtsun N.A., Makhonina M.M., Temurjants N.A., Martynyuk V.S. Effect of the electromagnetic shielding of varying lengths for regeneration planary *Dugesia tigrina* // *Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry»*. – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 65-74.

It is shown electromagnetic baffle alters the velocity of planary regeneration. These changes depend on the baffle duration and have phase nature. Short-term periodic electromagnetic baffle (one hour per day) leads to the increase of speed regeneration during the second - seven days (13%) on animals in normal laboratories conditions, while the remaining period of observations no significant changes recorded. Prolonged electromagnetic baffle (23 hours per day) within ten days significantly increase planary regeneration from the second to sixth days of observations (at 147%) for the control group of animals, reduce growth term of envelopment time-frame head and eyes, synchronizing it with various animals. At that time, at second and third phases of significant changes were not observed.

Keywords: electromagnetic shielding, *Dugesia tigrina*, regeneration.

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.

УДК 591.18:615.849.11

## ЗАВИСИМОСТЬ АНАЛЬГЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭМИ КВЧ ОТ НАЛИЧИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЭМИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КУРСОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н., Чуян Е.В.

Исследовали зависимость антиноцицептивного действия курсового воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) от наличия и отсутствия поляризации ЭМИ при экспериментально вызванной острой болевой реакции. Показано, что воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ с наличием фиксированной круговой правосторонней поляризации ЭМИ обладает более выраженным антиноцицептивным эффектом по сравнению с КВЧ-воздействием без поляризации при действии острого термического фактора. При курсовом КВЧ-воздействии с поляризацией отмечается более выраженное уменьшение болевой чувствительности по сравнению с КВЧ-воздействием без поляризации.

Ключевые слова: низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высокой частоты, антиноцицептивное действие, поляризация, болевой порог, уровень выносливости боли

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что биологическая эффективность ЭМИ КВЧ зависит от параметров воздействия: длины волны [1, 2], плотности потока мощности [3, 4], частоты модуляции ЭМИ [5], экспозиции [6, 7], локализации [8, 9], что налагает определенные требования как к аппаратуре, так и к методике КВЧ-воздействия для получения оптимального результата. В наших предыдущих исследованиях показано, что предварительное как однократное, так и курсовое воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) обладает выраженным антиноцицептивным эффектом при экспериментально вызванных тонической, висцеральной, острой термической боли и электрораздражении. Кроме того, показано, что величина антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ на организм животных зависит от экспозиции воздействия и параметров излучения [9]. В частности показано, что анальгетическая эффективность ЭМИ КВЧ от наличия или отсутствия поляризации однократного воздействия ЭМИ. В многочисленных работах показано, что поляризованные ЭМИ видимого диапазона обладают противовоспалительным, иммуномодулирующим, анальгетическим, репаративным, антиоксидантным действиями [10 – 11]. Однако до настоящего времени отсутствуют данные о зависимости анальгетического эффекта ЭМИ КВЧ с наличием поляризации от продолжительности курсового воздействия.

В связи с этим, целью данного исследования явилось выявление зависимости антиноцицептивного действия курсового воздействия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ

(длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) от наличия и отсутствия поляризации ЭМИ при экспериментально вызванной острой болевой реакции.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для реализации поставленной цели было проведено исследование на взрослых белых крысах-самцах линии Вистар массой 180-220 грамм (n = 90), полученных из питомника научно-исследовательского института биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Для экспериментов отбирали животных со средним уровнем двигательной активности и низкой эмоциональностью, определяемых в тесте «открытого поля», которые, согласно нашим [13] и литературным данным [14], преобладают в популяции и, следовательно, можно утверждать, что именно у этих животных развивается наиболее типичная реакция на любое воздействие.

Всех животных распределили на три равноценные группы по тридцать особей в каждой. Крысы первой группы (ТГП) подвергались изолированному действию острой термической боли, которую моделировали в тесте «горячая пластинка» (ТГП) [15] в течение 9-ти суток. Животное помещали на металлическую площадку, поверхность которой с помощью нагревательного элемента равномерно постепенно нагревалась. Откалиброванным тестером регистрировали болевой порог (БП) – минимальную температуру, при которой появлялись первые болевые реакции у животных (отдергивание и лизание конечностей). При постепенном увеличении температуры контактного элемента (0,1°С / 2 с) определяли уровень выносливости боли (УВБ), при котором наблюдалось развитие другого вида ноцицептивного возбуждения, сопровождавшегося максимальным усилением эмоционально-поведенческих проявлений: генерализованная двигательная реакция побега, прыжка и вокализации, что свидетельствует об отсутствии толерантности к ноцицептивному раздражителю и о возникновении мотивации устранения болевых ощущений [16, 17]. В этом тесте животному предъявляли по три попытки (через три минуты друг за другом), затем вычисляли среднее арифметическое из трех измерений.

Животных второй группы (КВЧ+ТГП) дополнительно подвергали воздействию ЭМИ КВЧ с помощью терапевтического генератора «КВЧ. РАМЕД-ЭКСПЕРТ – 01» (рис. 1 – А) с длиной волны 7,1 мм (частота излучения – 42,3 ГГц), плотностью потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup> и излучателем, выполненным в виде «точки» (габаритные размеры – 18 x 23 мм) по 30 минут ежедневно в течение 9-ти дней. Крысы третьей группы (КВЧп + ФТ) перед тестированием подвергали воздействию ЭМИ КВЧ с помощью аппарата «РАМЕД – РЭМО» с длиной волны 7,1 мм, плотностью потока мощности 0,1 мВт/см<sup>2</sup> и излучателем, выполненным в виде «антенны», в котором использована круговая правосторонняя поляризация той же экспозиции и продолжительности курсового воздействия (рис. 1 – Б).

Все аппараты изготовлены Центром радиофизических методов диагностики и терапии «РАМЕД» Института технической механики НАНУ, г. Днепропетровск. Локализация воздействия – затылочно-воротниковая область, что связано с тем, что данная область у человека и животных является одной из основных рефлексогенных зон, где обнаружено большое количество рецепторных окончаний, сосудов микроциркуляторного русла, лимфатических сосудов, биологически активных точек,

тучных клеток, т.е. именно тех элементов, которые в настоящее время рассматриваются в качестве первичных мишеней для волн миллиметрового диапазона [18].

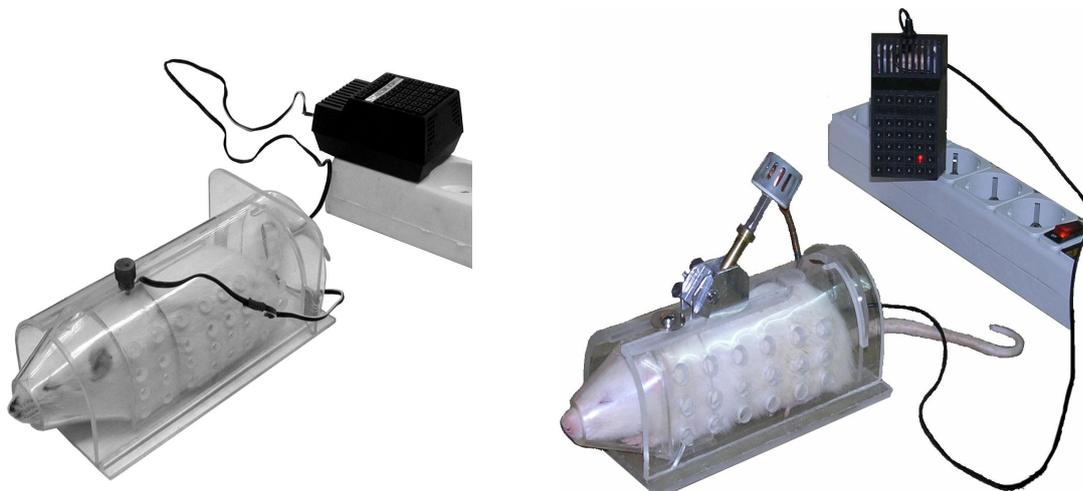


Рис. 1. Экспериментальное воздействие низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) с помощью аппарата «КВЧ. РАМЕД-ЭКСПЕРТ – 01» (А) и «РАМЕД РЭМО» (Б).

В данном тесте животные использовались однократно, после чего выбывали из эксперимента. Учитывая тот факт, что у грызунов болевой порог в течение суток варьирует [19], эксперименты проводились в одно и то же время светлой половины суток (с 9.00 до 11.00 часов).

Обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью параметрических методов. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. Обработка результатов производилась на ПК с использованием стандартных статистических программ.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, у животных первой группы, подвергнутых изолированному действию острого болевого фактора в ТГП БП и УВБ в течение 9-ти суток составлял в среднем  $50,68 \pm 0,29$  °С и  $56,52 \pm 0,37$  °С соответственно.

У крыс второй группы, подвергнутых острой термической боли в ТГП при курсовом воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ в течение девяти суток наблюдения наибольшее увеличение БП и УВБ зарегистрировано на третьи сутки воздействия – на 7,06 % ( $p < 0,01$ ) и 7,30 % ( $p < 0,01$ ) соответственно по сравнению с данными у животных первой группы (ТГП) (рис. 2). При последующих КВЧ-воздействиях отмечалось стойкое повышение БП и УВБ в среднем на 4,56 % ( $p < 0,01$ ) и 3,25 % ( $p < 0,01$ ) соответственно относительно значений этих показателей у животных, которые подвергались изолированному действию болевого фактора.

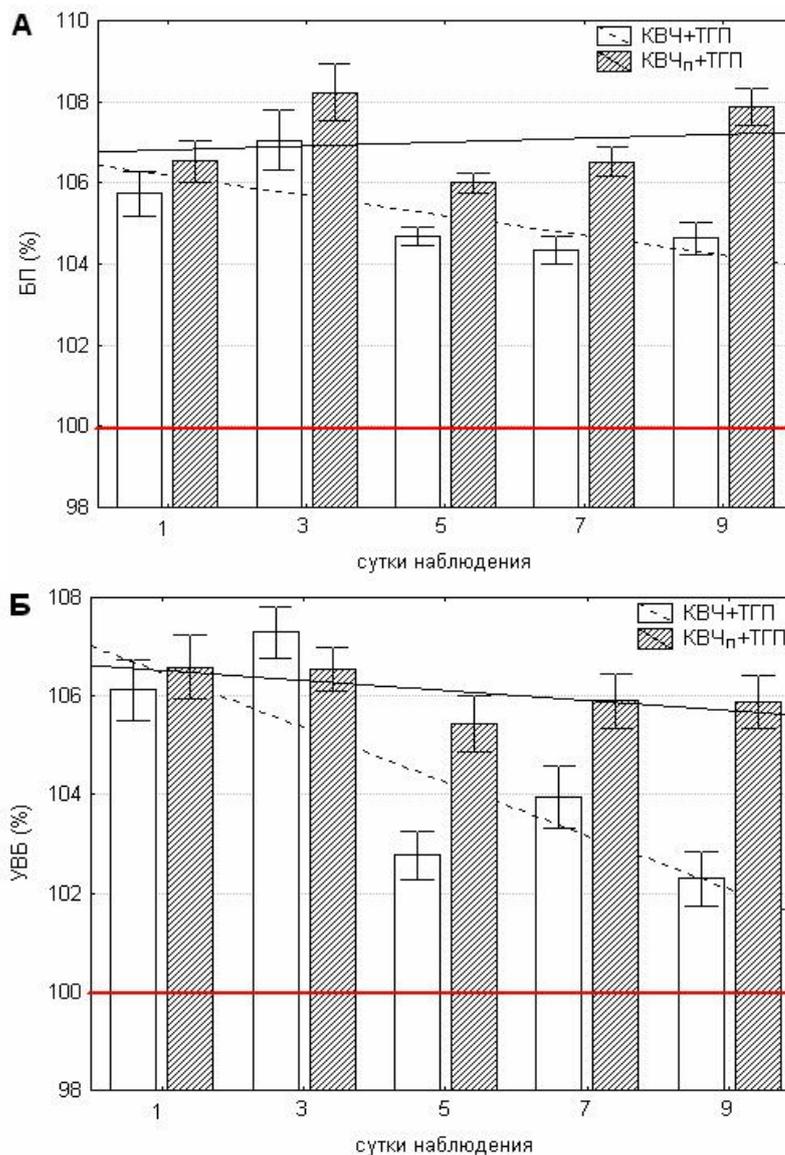


Рис. 1. Изменение болевого порога (БП) и уровня выносливости боли (УВБ) у крыс при комбинированном действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты при наличии (КВЧп) и отсутствии поляризации (КВЧ) и острого болевого фактора (ТГП) (в % относительно значений у животных, подвергнутых изолированному действию болевого фактора, принятого за 100 %).

Экспоненциальный анализ данных показателей у животных второй группы свидетельствует об уменьшении как БП, так и УВБ в течение 9-ти суток воздействия ЭМИ КВЧ относительно исходных данных.

У животных третьей группы, подвергнутых дополнительному действию ЭМИ КВЧ с правосторонней поляризацией ЭМИ (КВЧп+ФТ) в течение девяти суток наблюдения наибольшее увеличение БП и УВБ отмечалось также на третьи сутки воздействия – на 8,21 % ( $p<0,01$ ) и 6,54 % ( $p<0,01$ ) соответственно по сравнению с данными у животных первой группы (ТГП). Однако относительно соответствующих значений у животных второй группы (КВЧ+ФТ) эти показатели в этот срок изменились недостоверно. В последующие сутки воздействия у животных третьей группы отмечалось постепенное увеличение БП и УВБ относительно значений данных показателей у животных как первой (ТГП), так и второй (КВЧ+ТГП) групп. В частности, на седьмые сутки БП и УВБ увеличились на 6,52 % ( $p<0,01$ ) и ,90 % ( $p<0,01$ ), а на девятые сутки – на 7,86 % ( $p<0,01$ ) и 5,89 % ( $p<0,01$ ) соответственно относительно значений этих показателей у животных, которые подвергались изолированному действию болевого фактора (ТГП).

Относительно значений у животных второй группы, подвергнутых комбинированному действию ЭМИ КВЧ без поляризации и болевого фактора, у крыс третьей группы (КВЧп+ФТ) БП и УВБ на пятые сутки достоверно увеличились на 2,17 % ( $p<0,01$ ) и 1,96 % ( $p<0,01$ ), а на девятые сутки – на 3,23 % ( $p<0,01$ ) и 3,59 % ( $p<0,01$ ) соответственно.

Экспоненциальный анализ значений БП у животных третьей группы свидетельствует о тенденции к их увеличению, а УВБ – к уменьшению относительно исходных данных.

Таким образом, воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ с помощью опытного генератора «РАМЕД – РЭМО» с излучателем, в котором использована фиксированная круговая правосторонняя поляризация ЭМИ обладает более выраженным антиноцицептивным эффектом по сравнению с терапевтическим генератором «РАМЕД-ЭКСПЕРТ – 01» с излучателем, выполненным в виде «точки» без поляризации при действии острого термического фактора. При курсовом КВЧ-воздействии с поляризацией максимальное увеличение обезболивающего действия данного физического фактора отмечалось после трехкратного КВЧ-воздействия, как и при курсовом КВЧ-воздействии без поляризации. Однако если в последующие сутки воздействия ЭМИ КВЧ без поляризации наблюдалось увеличение болевой чувствительности животных, то при КВЧ-воздействии с поляризацией зарегистрировано стабилизация антиноцицептивного эффекта данного физического фактора.

По-видимому, поляризация ЭМИ является физиологически адекватным положительным модификатором болевой реакции, поскольку, характеризуясь пространственно-временной упорядоченностью ориентации электрического и магнитного векторов излучения, обладая очень низкой (неповреждающей) интенсивностью потока энергии, обеспечивает резонансные эффекты с мембранами клеток кожи, форменных элементов крови, кожных капилляров, т.е. «мишеней» ЭМИ КВЧ. При этом развивается комплекс биофизических ответных реакций, общим итогом которых является многоуровневая оптимизация клеточных функции [20, 21].

Таким образом, воздействие низкоинтенсивным ЭМИ КВЧ с наличием фиксированной круговой правосторонней поляризации ЭМИ обладает более выраженным антиноцицептивным эффектом по сравнению с КВЧ-воздействием без

поляризации при действии острого термического фактора. При курсовом воздействии данного физического фактора анальгетический эффект постепенно возрастает и становится более стабильным.

#### ВЫВОДЫ

1. Воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ с наличием фиксированной круговой правосторонней поляризации ЭМИ обладает более выраженным антиноцицептивным эффектом по сравнению с КВЧ-воздействием без поляризации при действии острого термического фактора.
2. При курсовом КВЧ-воздействии с поляризацией максимальное увеличение анальгетического действия данного физического фактора отмечается после трехкратного КВЧ-воздействия, как и при курсовом КВЧ-воздействии без поляризации.
3. В последующие сутки воздействия (5-9 сутки) ЭМИ КВЧ с поляризацией отмечается уменьшение болевой чувствительности по сравнению с КВЧ-воздействием без поляризации.

#### Список литературы

1. Ковалев А.А. Кортикальные механизмы реализации биологического действия электромагнитных излучений миллиметрового диапазона нетепловой интенсивности // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 1 (13). – С. 8-16.
2. Чуян Е.Н., Темуриянц М.А., Московчук О.Б., Чирский Н.В., Верко Н.П., Туманянц Е.Н., Пономарева В.П. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.
3. Гапеев А.Б., Сафронова В.Г., Чемерис Н.К., Фесенко Е.Е. Модификация активности перитонеальных нейтрофилов мыши при воздействии миллиметровых волн в ближней и дальней зонах излучателя // Биофизика. – 1996. – Т. 41, Вып. 1. – С. 205-219.
4. Алейник Д.Я., Заславская М.И., Карнаухов А.В. и др. Некоторые биологические эффекты КВЧ-излучения // Бюллетень эксп. биол. и медицины. – 1999. – №5. – С. 516-518.
5. Самосюк И.З., Куликович Ю.Н., Тамарова З.А., Самосюк Н.И., Кажанова А.К. Подавление боли низкоинтенсивными частотно-модулированными миллиметровыми волнами при воздействии на точки акупунктуры // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2000. – № 4. – С. 7-11.
6. Бриль Г.Е., Панина Н.П., Невская Е.Ю. Действие электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на полигенные хромосомы *Chironomus plumosus* // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2000. – № 1 (17). – С. 3-7.
7. Чуян Е.Н., Темуриянц Н.А., Пономарева В.П., Чирский Н.В. Функциональная асимметрия у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2004. – 440 с.
8. Теплоне М.В., Щеглов В.С., Симакова А.А. Способ оптимизации КВЧ терапии. В сб.: Применение КВЧ-излучения низкой интенсивности в биологии и медицине: VII Всесоюзный семинар, Москва, Звенигород, 13-15 ноября 1989 г. - М.: ИРЭ АН СССР, 1989. – С. 118.
9. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения: монография. – Симферополь: „ДИАЙПИ“, 2006. – 456 с.
10. Лиманський Ю.П., Тамарова З.А., Гуляр С.О., Бідков Е.Г. Дослідження анальгетичної дії поляризованого світла на точки акупунктури // Фізіол. журн. - 2000. – Т. 46, №6. – С.105-111.
11. Зазулевская Л. Светобионотерапия в стоматологии // Дент-Арт. – 2001. – № 2. – С. 61-63.
12. Міщенко С.В. Вплив поляризованого світла на фібриноліз // Фізіол. журнал. – 2004. – Т. 50, № 3. – С. 55-58.

13. Чуян Е.Н. Влияние миллиметровых волн нетепловой интенсивности на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями: Автореф. дис... канд. биол. наук / СГУ. – Симферополь, 1992. – 25 с.
14. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс.: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13 / СГУ. – Симферополь, 1991. – 21 с.
15. O'Callaghan J., Holtzman S.G. Quantification of the analgesic activity of narcotic antagonists by a modified hot-plate procedure // *Pharmacol. Exp. Ther.* – 1979. – Vol. 194. – P. 497–505.
16. Папин А.А., Петров О.В., Какурин Ф.Ф., Вагина М.А., Зетилов В.Б. Исследование анальгетического компонента премедикации методом тепловой сенсометрии // *Анестезиология и реаниматология.* – 1983. – № 1. – С. 18–20.
17. Осипова Н.А., Абрамова Ю.Б., Рыбакова Л.В., Ефимова Н.В., Багдатов М.Г. Сенсометрия в оценке эффективности премедикации // *Анестезиология и реаниматология.* – 1984. – № 1. – С. 54–59.
18. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны и живые системы. – М.: Наука, 2004. – 272 с.
19. Golombek D.A., Escobar E., Burin L.J. et al. Time-dependent melatonin analgesia in mice: inhibition by opiate or benzodiazepine antagonist // *Eur. J. Pharmacol.* – 1991. – Vol. 194, № 1. – P. 25–30.
20. Gimsa J., Wachner D. A polarization model overcoming the geometric restrictions of the laplace solution for spheroidal cells: obtaining new equations for field-induced forces and transmembrane potential // *Biophys J.* – 1999. – Vol. 77(3). – P. 1316–1326.
21. Kashimori Y., Funakubo H., Kambara T. Effect of syncytium structure of receptor systems on stochastic resonance induced by chaotic potential fluctuation // *Biophys J.* – 1998. – Vol. 75(4). – P. 1700–1711.

Дж елдубаева Е.Р., Чуян О.М., Чуян С.В. Залежність анальгетичної дії низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ від наявності поляризації ЕМВ та тривалості курсової дії // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”.* – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 75–81.

Досліджували залежність курсової дії низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ (довжина хвилі 7,1 мм; щільність потоку потужності 0,1 мВт/см<sup>2</sup>) від наявності і відсутності поляризації ЕМВ при експериментально викликаній гострій больовій реакції. Показано, що дія низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ з наявністю фіксованої кругової правосторонньої поляризації ЕМВ має більш виражений антиноцицептивний ефект в порівнянні з НВЧ-дією без поляризації при дії гострого термічного чинника. При курсовій НВЧ-дії з поляризацією отримано більш виражене зменшення больової чутливості в порівнянні з НВЧ-дією без поляризації.

Ключові слова: низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, антиноцицептивна дія, поляризація, больовий поріг, рівень тривалості болю.

Dzheldubaeva E.R., Chuyan E.N., Chuyan E.V. Dependence of analgetics action of low intensity of EMI UHF on the presence of polarization of EMI and duration of course influence // *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsionalnogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, Chemistry».* – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 75–81.

There was studied the dependency of the nociceptive effect of the low intensity EHF EMR course exposure (wave-length 7,1 mm; power flux density 0,1 mw/cm<sup>2</sup>) on the presence/absence of polarization of EMR at the experimentally caused sharp pain reaction. The exposure of the low intensity EHF EMR while the fixed EMR circular right-side polarization is present turned out to have the stronger antinociceptive effect as compared with the EHF exposure without polarization under the influence of sharp thermal factor. The EMR course exposure with polarization led to the decrease of pain sensitivity as compared with the one without polarization.

Keywords: низькоінтенсивное electromagnetic radiation of extremely high-frequency, антиноцицептивное action, polarization, pain threshold, level of endurance of pain

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.

УДК 612.822.:612.828:615.214.547.78

## МОДИФИКАЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БЕМИТИЛА

Колот илова О.И., Коренюк И.И.

На кошках в условиях хронического эксперимента исследовали влияние бемитила при введении его *per os* в дозе 100 мг/кг на суммарную электрическую активность неокортекса. Выявлено, что бемитил дозозависимо приводит к уменьшению спектральных мощностей дельта-, тета-ритмов энцефалограммы (ЭЭГ), и увеличению мощности альфа-ритма.

Ключевые слова: бемитил, ЭЭГ ритмы, дозозависимость.

### ВВЕДЕНИЕ

Наиболее распространенным способом снятия стресса, напряженности и тревоги является медикаментозный. С этой целью создаются новые фармакологические препараты, обладающие направленным действием на различные системы мозга. Одним из таких препаратов является бемитил, который проявляет нейротропный спектр действия. Для изучения эффектов новых фармакологических веществ зачастую используют метод отведения электроэнцефалограммы (ЭЭГ), который позволяет выявить ритмическую смену качественно разных состояний корковых нейронов и, соответственно, разное состояние анализирующих сетей мозга. Таким образом, массовая электрическая активность неокортекса является одним из важнейших индикаторов функционального состояния коры мозга и организма в целом. Однако не всегда возможно проверить фармакологические свойства того или иного вещества на человеке, особенно когда дело касается достаточно высокой дозировки препарата. Подходящим объектом для такого рода исследований является кошка, поскольку у нее такие функции мозга, как возбуждение, торможение, и взаимосвязь этих процессов имеют общие черты с таковыми у человека. Также необходимо отметить, что визуально ЭЭГ кошки и человека практически неотличимо. Поэтому наши эксперименты проведены именно на кошках.

В наших предыдущих исследованиях [1, 2] проведенных на кошках в состоянии бодрствования при введении бемитила *per os* в дозе 50 мг/кг было установлено, что этот препарат приводил к не достоверным флуктуациям спектральных мощностей альфа-, бета-, гамма-компонентов, но на определенных промежутках времени достоверно снижал низкочастотные ритмы ЭЭГ. Поскольку выраженность реакций при действии бемитила зависит от дозы введенного вещества, и это было показано другими исследователями на нейронах улитки и на поведенческих реакциях крыс [3], в этой работе мы хотим выяснить особенности изменений основных ритмов ЭЭГ при введении бемитила *per os* в дозе 100 мг/кг.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эксперименты проведены на четырех кошках, массой – 2-4 кг. Животных оперировали под общим наркозом (нембутал, 40 мг/кг). Для отведения ЭЭГ у бодрствующих кошек во время операции в черепе над лобной, теменной, затылочной и височными областями коры зубным бором делали небольшие лунки, куда вставляли позолоченные электроды (площадь 0,5 мм<sup>2</sup>), и закрепляли их норакрилом, а противоположные концы припаивали к шестиканальному разъему, который также фиксировался на черепе. Выводы разъема коммутировали с электроэнцефалографом и компьютером, один из каналов разъема был соединен с индифферентным электродом, т.е. ЭЭГ регистрировали монополярно.

При анализе ЭЭГ выделяли следующие частотные диапазоны: 1-3 Гц (дельта-ритм); 4-7 Гц (тета-ритм); 8-13 Гц (альфа-ритм); 14-30 Гц (бета-ритм); и 30-48 Гц (гамма-ритм). В ходе каждого эксперимента сначала регистрировали фоновые значения ЭЭГ, затем после скармливания животному сухого корма с добавкой бемитила (100 мг/кг), проводили регистрацию ЭЭГ через каждые пять мин в течение часа, а в контроле давали еду без этого агента.

Статистические расчеты выполнялись с применением стандартных средств компьютерного анализа данных (программы «Statistica»). Для сравнения показателей суммарной активности неокортекса в контроле и после введения бемитила использовался непараметрический критерий Манна – Уитни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении особенностей влияния бемитила на массовую электрическую активность неокортекса бодрствующих кошек было проведено 30 опытов с регистрацией ЭЭГ от указанных зон коры, и 28 случаев регистрации ЭЭГ в контрольных экспериментах. В динамике показателей массовой электрической активности мозга картина изменений всех частотных составляющих при разных локусах отведения в условиях воздействия бемитила была сходной, поэтому мы усредняли ЭЭГ значения дельта-, тета-, альфа-, и бета-ритмов с разных отведений.

Анализ показал, что введение бемитила приводило к некоторым флуктуациям спектральной мощности бета- и гамма-ритмов ЭЭГ, но в целом достоверных отклонений от контрольных показателей не происходило. Массовая электрическая активность неокортекса в контрольных экспериментах в течение всего исследуемого периода (60 мин) существенно не отличалась от фоновых показателей (рис. 1). Что же касается низкочастотных дельта-, и тета-ритмов ЭЭГ, то начиная с пятой минуты и на протяжении всего периода наблюдения спектральная мощность указанных ритмов снижалась (рис. 1 – А, Б).

Так спектральная мощность дельта-активности в составе ЭЭГ снижалась (в среднем по группе, в пределах 65-78 %) от исходной величины. Для данного частотного диапазона колебаний ЭЭГ статистически значимые ( $p < 0,05$ ) изменения (уменьшение относительно контроля) проявлялись на протяжении большей части исследуемого периода времени (рис. – 1, А).

Что касается мощности тета-активности ЭЭГ, то статистически достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение по сравнению с контролем приходилось на 5, 15, 20, 40, 45 минуту экспозиции бемитила и в среднем по группе составило 70-80 % (Рис. – 1, Б).

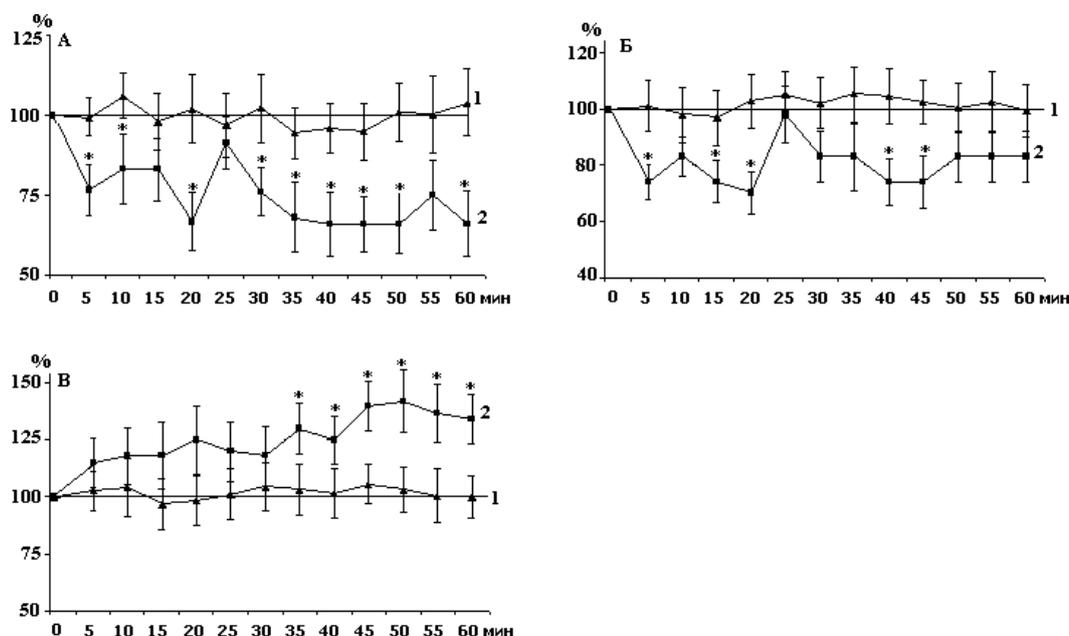


Рис. 1. Динамика изменения спектральной мощности ЭЭГ ритмов бодрствующей кошки в контроле (1) и после введения бемитила в дозе 100 мг/кг (2). А – дельта-ритм; Б – тета-ритм; В- альфа-ритм.

Моменты введения бемитила или плацебо рег ос соответствуют нулевому моменту времени. По оси абсцисс – время отведения, мин; по оси ординат – нормированные значения массовой электрической активности, % (за 100 % принят исходный уровень ЭЭГ), усредненный в пределах группы. Звездочками отмечены случаи достоверных отличий от контроля ( $p < 0,05$ ).

Обращает на себя внимание тот факт, что на 25 минуте экспозиции бемитила, спектральная мощность дельта-, и тета-активности практически возвращалась к контрольным значениям.

В отличие от вышеуказанных компонентов ЭЭГ спектральная мощность альфа-ритма, при экспозиции бемитила возрастала весь исследуемый период. При этом, с пятой по 30 минуту, проявлялась лишь тенденция к увеличению спектральной мощности этого ритма относительно контроля, а с 35-й минуты и до конца исследуемого периода мощность альфа-ритма достоверно ( $p < 0,05$ ) увеличивалась в среднем до 118 – 140 % от уровня контрольных экспериментов (рис. 1, В).

При сопоставлении эффектов бемитила в дозе 50 мг/кг с таковыми при 100 мг/кг была отмечена одинаковая направленность для всех исследуемых ритмов, однако выраженность их существенно отличалась. На рис 2 показаны дозозависимые

эффекты для низкочастотных компонентов ЭЭГ. Для альфа-активности ЭЭГ выявлена такая же дозозависимая направленность, но как мы отмечали ранее при введении бемитила в дозе 50 мг/кг [2] проявлялась лишь тенденция к увеличению спектральной мощности указанного ритма ЭЭГ, поэтому этот факт мы не иллюстрируем.

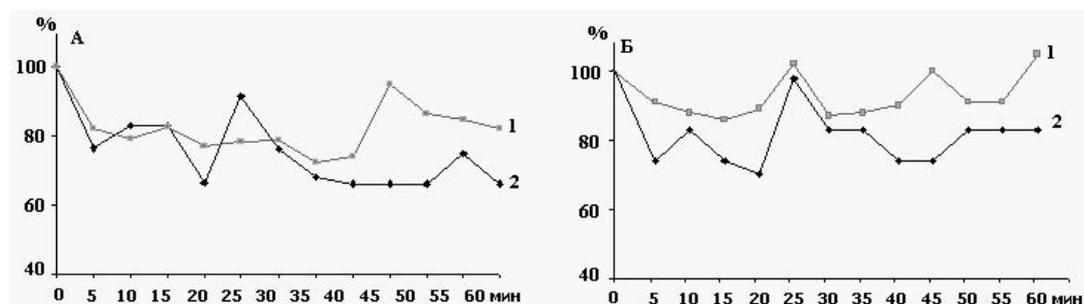


Рис. 2. Динамика изменения спектральной мощности ЭЭГ ритмов бодрствующей кошки после введения бемитила в дозе 50 мг/кг (1) и 100 мг/кг (2). А – дельта-ритм; Б – тета-ритм. Остальные обозначения, такие же, как и на рис. 1.

В условиях эксперимента нами было отмечено, что наряду с изменениями ритмов ЭЭГ через некоторое время после перорального введения бемитила изменялось психоэмоциональное состояние животного, а именно наблюдался седативный эффект, который выражался в том, что животное становилось спокойнее и начинало дремать.

Полученные нами в ходе исследования результаты на наш взгляд вполне закономерны. Прежде всего необходимо отметить, что снижение дельта- и тета-ритмов ЭЭГ свидетельствует о психическом расслаблении и соответствует, спокойному расслабленному состоянию [4, 5]. В то же время альфа-ритм ЭЭГ является своеобразной характеристикой оптимального состояния коры больших полушарий [2], а возрастание его мощности расценивается, как уменьшение уровня функциональной активности мозга, что также связано с расслаблением и спокойствием [2, 4, 5]. Наши результаты согласуются с данными полученными другими исследователями [3], где в экспериментах на крысах при изучении их поведенческих реакций после внутрибрюшинного введения бемитила в дозе 50-100 мг/кг наблюдали мощное анксиолитическое и антистрессорное действие, выражающееся в резком генерализованном угнетении поведения крыс.

#### ВЫВОДЫ

1. Выявлена динамика изменения мощности основных ритмов ЭЭГ при введении бемитила per os в дозе 100 мг/кг, свидетельствующая о седативном эффекте исследуемого вещества.
2. Обнаружена дозозависимая направленность изменения динамики спектральной мощности дельта-, тета- и альфа-ритмов ЭЭГ.

Список литературы

1. Колотилова О. И., Павленко В. Б., Куличенко А. М., Коренюк И. И., Фокина Ю.О. Влияние бемитила на активность норадренергических и серотонинергических нейронов ствола мозга и ЭЭГ бодрствующих кошек // *Нейрофизиология / Neurophysiology*.—2005. Т.37, № 3. – С. 235-243.
2. Колотилова О.И., Павленко В.Б., Коренюк И.И., Куличенко А.М., Фокина Ю.О. Кореляційні взаємозв'язки імпульсної активності амінергічних нейронів стовбура головного мозку та спектральних компонентів електроенцефалограми при дії бемітилу // *Фізіологічний журнал* – 2007. Т.53, № 4. – С. 73-77.
3. Гамма Т.В., Коренюк И.И. Вплив бензimidазолу та його нових похідних на електричну активність нейронів *Helix albescens* Rossm і поведінку щурів // *Фізіологічний журнал* – 2007. Т.53, № 5. – С. 53-66.
4. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга). – Таганрог: ТРТУ, 2000. – 640 с.
5. Данилова Н.Н. Об индивидуальных особенностях электрической активности коры больших полушарий человека // *Типологические особенности высшей нервной деятельности человека / Отв. ред. Б.М. Теплов.* – М.: Академия педагогических наук РСФСР, 1963. – Т. 3. – С. 262-274.

Колотилова О.И., Коренюк И.И. Модифікації спектральних компонентів електроенцефалограми при дії бемітилу // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”.* – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 82-86.

В експериментах на кішках у стані неспання протестований препарат з нейротропним ефектом – бемітил у дозі 100 мг/кг. Виявлені зміни потужності спектральних компонентів ЕЕГ ритмів, а також дозозалежна направленість при порівнянні ефектів даної сполуки у дозі 50 та 100 мг/кг.

Ключеві слова: бемітил, ЕЕГ ритми, дозозалежність.

Kolotilova O.I., Koreniuk I.I. The modifications of EEG spectral components under effect of bemitil // *Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry».* – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 82-86.

The preparation having the neurotropic effect (bemitil in dosage of 100 mg/kg) has been tested in the experiments with wake cats. There have been found the changes in power of the EEG rhythm spectral components, as well as the dosage-dependent gradient when concordng the bemitil effects in the dosage of 50 and 100 mg/kg.

Keywords: bemitil, EEG rhythms, dosage-dependence.

Поступила в редакцию 20.03.2008 г.

УДК 579.264: 631.461: 631.465: 631.427.2

## ВЛИЯНИЕ МИКРОБОВ-АНТАГОНИСТОВ РОДА *BACILLUS* НА РАЗВИТИЕ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ИНФЕКЦИОННОГО ФОНА

От урина И.П., Калиберденко Е.В., Пархоменко Т.Ю., Шерст обоев Н.К.

Проанализировано влияние обработки семян яровой пшеницы инокулятом штамма *Bacillus* sp. 15001 на биологическую активность ризосферы, степень поражения растений микромицетами и накопление биомассы растений на протяжении вегетационного периода. Установлено, что бациллы-антагонисты более эффективно, чем химический протравитель витавакс, подавляют развитие фитопатогенов, повышают показатели биологической активности почвы, снижают степень ее фитотоксичности и пораженность растений корневой гнилью.

Ключевые слова: микробы-антагонисты, фитопатогены, микромицеты, биологическая активность почвы, фитотоксичность, продуктивность пшеницы.

### ВВЕДЕНИЕ

Современные интенсивные технологии выращивания растений предусматривают широкое использование разнообразных средств химической защиты от фитопатогенов, что, в свою очередь, приводит к значительному накоплению в агроценозах не утилизируемых остатков пестицидов. Кроме того, средства химической защиты содержат определенное количество сопутствующих токсичных соединений, в том числе тяжелые металлы, фториды, радиоактивные изотопы урана, тория и др., которые, загрязняя окружающую среду, снижают качество продукции сельского хозяйства [1]. В таких условиях инфекционное и химическое воздействие на растения все чаще превышает порог их адаптационных возможностей [2], вследствие чего создается реальная угроза для существования природных и искусственно созданных экосистем. Необходимость восстановления и сохранения биологического разнообразия фитоценозов на уровне, гарантирующем стабильность окружающей среды, лежит в основе биологического земледелия, одним из стратегических направлений которого являются фундаментально-прикладные исследования по разработке технологий получения и практического применения новых экологически безопасных биопрепаратов [3 – 5]. Так, использование микробных культур на основе микроорганизмов-антагонистов фитопатогенов позволяет не только надежно контролировать развитие бактериальных и грибных инфекций в течение всего вегетационного периода, но и во время хранения сельскохозяйственной продукции и посевного материала [6].

Известно, что 60-90 % живой биомассы почвы составляют микроорганизмы, физиолого-биохимическая активность которых в 100-1000 раз выше, чем у

макроорганизмов [7]. Многие почвенные грибы, поселяясь на поверхности прорастающих семян и вегетативных органах развивающихся из них проростков, вызывают разнообразные грибковые заболевания – микозы, являющиеся одной из основных причин резкого снижения урожайности зерновых, в частности, пшеницы, производство которой в последние годы сократилось более, чем на 30 %. В Государственном Стандарте Украины ДСТУ 2240-93 в перечне возбудителей заболеваний растений, передающихся как через семенной материал, так и через почву (приложение 5), зарегистрирован типичный представитель эпифитной микрофлоры *Fusarium culmorum*, являющийся возбудителем корневой гнили. Установлено, что грибы рода *Fusarium* продуцируют ряд микотоксинов, опасность которых проявляется в нефротоксическом, гепатоксическом, иммунодепрессивном и канцерогенном воздействии на человека и животных [8 – 10].

Почвенные микроорганизмы-антагонисты способны подавлять развитие фитопатогенных микромицетов, в том числе и фузариев, за счет секреции в среду экзометаболитов с выраженной антибиотической активностью, а также ферментативного разрушения гифов грибов и жесткой конкуренции за жизненное пространство и питательный субстрат. Использование бактерий рода *Bacillus* как биоагентов микробных препаратов имеет ряд преимуществ: данные микроорганизмы легко культивируются, могут длительное время храниться, а также использоваться в виде спор, что облегчает инокуляцию посевного материала и пролонгирует длительность действия биопрепарата в природной среде [11 – 13].

Целью данной работы явилось изучение влияния микроорганизмов-антагонистов рода *Bacillus* на рост и продуктивность пшеницы, а также основные характеристики ризосферы в условиях искусственного инфекционного фона.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись штамм фитопатогенного микромицета *Fusarium culmorum*, предоставленный для исследований Национальным центром семеноводства и сортоизучения УААН (г. Одесса), и штамм микроорганизма-антагониста фитопатогенов *Bacillus* sp.15001 из коллекции Южной опытной станции ИСХМ УААН.

Влияние микроорганизма-антагониста фитопатогенов на рост и продуктивность яровой пшеницы сорта Харьковская-26 изучалось в ходе полевого опыта, проведенного на базе Национального центра семеноводства и сортоизучения УААН в 2007 г. Варианты опыта: 1 – контроль (семена пшеницы, искусственно инфицированные *F. culmorum*), 2 – семена, протравленные химическим протравителем витаваксом 200ФФ, 3 – семена, обработанные бактериальной суспензией *Bacillus* sp. 15001. Почва опытного поля – чернозем южный. Повторность опыта – 4-кратная.

В течение вегетационного периода пробы для анализа отбирались трижды: в фазу кущения, фазу выхода в трубку и фазу молочно-восковой спелости.

При внесении микроорганизмов на семя, и затем в ризосферу необходимо учитывать многообразие взаимодействий, существующих в системе микроорганизм-растение-почва. Наиболее информативными показателями являются

способность внесенного микроорганизма приживаться в ризосфере, его способность к взаимодействию и регулированию качественного и количественного состава микробценоза, биологическая активность и фитотоксичность ризосферы, а также продуктивность растений. Биологическую активность ризосферы оценивали по нескольким показателям: по уровню ферментативной активности каталазы, которая измерялась газометрическим методом Галстяна [14], а также по интенсивности дыхания почвы, степени фитотоксичности и микробиологической активности.

Численность микроорганизмов определялась методом посева предельных разведений почвенных суспензий на соответствующую питательную среду: общая численность микроорганизмов – при посеве на МПА (мясо-пептонный агар), количество спорных бактерий – на МПА + сусло-агар (1:1), количество микромицетов – при посеве на сусло-агар, актиномицетов – на крахмало-аммиачный агар [15 – 16].

Влажность почвы определялась по общепринятому методу [17], фитотоксичность почвы – по методике Мочалова-Шерстобоева (авторское свидетельство СССР № 90085). Степень поражения растений яровой пшеницы корневой гнилью оценивали по 4-х балльной шкале Гейтмана.

Полученные результаты обрабатывались статистически.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность интродукции микроорганизмов-биоагентов микробных препаратов в ризосферу того или иного растения зависит от множества факторов, начиная от генетически обусловленного взаимодействия в системе микроорганизм-растение, до взаимодействий с микробным ценозом ризосферы и влияния различных абиотических факторов.

Все биохимические процессы, связанные с синтезом и разложением органических веществ, мобилизация элементов питания растений в почве происходят в результате сложнейших реакций, обусловленных содержащимися в ней ферментами, эффективность действия которых служит одной из основных характеристик биологической активности и плодородия почв. Наиболее показательной является активность термолабильной каталазы, так как именно она обеспечивается биотой почвы. Как видно из данных рис. 1, в фазу кущения активность этого фермента в контроле была  $8,6 \text{ мл O}_2 \cdot \text{г почвы}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$ , в то время как в вариантах 2 (витавакс) и 3 (*Bacillus* sp.) этот показатель составил 10,0 и 17,5 мл соответственно, что на 16,3 и 103,5 % выше контрольных значений. В фазу выхода в трубку активность термолабильной каталазы снизилась во всех вариантах опыта по сравнению с фазами кущения и молочно-восковой спелости. В контроле в этот период ее активность составляла  $5,5 \text{ мл O}_2 \cdot \text{г почвы}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$ , в вариантах 2 и 3 – 6,1 мл и 14,2 мл. Максимальная активность ризосферной каталазы наблюдалась в фазе молочно-восковой спелости:  $10,9 \text{ мл O}_2 \cdot \text{г почвы}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$  в контрольном варианте, в вариантах 2 и 3 – 15,2 и 21,9 мл соответственно, что на 39,4 и 100,9 % превышало контрольные данные.

Таким образом, предпосевная инокуляция семян пшеницы штаммом *Bacillus* sp.15001 существенно повышала активность термолабильной каталазы, что

свидетельствует о возрастании интенсивности окислительно-восстановительных процессов, происходящих в зоне обитания корней. Активность термолабильной каталазы в зоне ризосферы указывает на повышение устойчивости растений к воздействию возбудителя заболевания.

Одной из важных характеристик биологической активности почвы является интенсивность дыхания. На искусственном инфекционном фоне (контроль) наиболее интенсивное дыхание ризосферы ( $35,9 \text{ мл CO}_2 \cdot \text{г почвы}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$ ) наблюдалось в фазу молочно-восковой спелости пшеницы, т.е. в заключительном периоде развития растений. В фазах кущения и выхода в трубку значения исследуемого показателя в этом варианте отличались незначительно и составляли  $17,1$  и  $13,7 \text{ мл CO}_2 \cdot \text{г почвы}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$  соответственно (рис. 2).

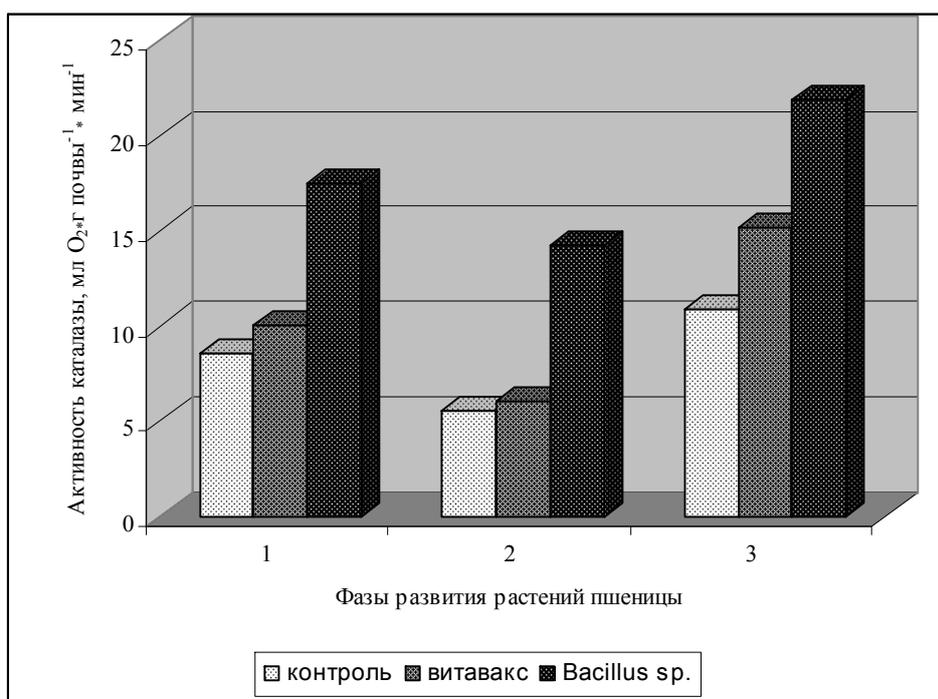


Рис. 1. Активность термолабильной каталазы в ризосфере яровой пшеницы под влиянием химического протравителя и микроба-антагониста *Bacillus sp.*: 1 – фаза кущения, 2 – фаза выхода в трубку, 3 – фаза молочно-восковой спелости

Аналогичная контрольному варианту динамика отмечена и при использовании протравителя семян витавакса – максимальное количество углекислого газа выделялось в фазу молочно-восковой спелости –  $29,7 \text{ мл CO}_2 \cdot \text{г почвы}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$ , что на  $17,3 \%$  меньше, чем предыдущем варианте в этот период развития растений, но тем не менее свидетельствует о проявлении признаков болезни. В фазах кущения и выхода в трубку значения исследуемого показателя составляли  $21,1$  и  $18,3 \text{ мл CO}_2 \cdot \text{г почвы}^{-1} \cdot \text{сут}^{-1}$  соответственно.

Иная картина наблюдалась в варианте с использованием *Bacillus* sp.: наибольшее количество углекислого газа в этом варианте выделялось в начальную фазу кущения растений – 78,3 мл  $\text{CO}_2$ :г почвы<sup>-1</sup>:сут<sup>-1</sup>. В фазу трубкования отмечено снижение интенсивности дыхания до 52,1 мл  $\text{CO}_2$ :г почвы<sup>-1</sup>:сут<sup>-1</sup>, а в фазе молочно-восковой спелости значение этого показателя снова возросло до 58,1 мл  $\text{CO}_2$ :г почвы<sup>-1</sup>:сут<sup>-1</sup> (рис. 2).

Одним из основных факторов, обуславливающих активность функционирования внесенных в микробоценоз бактерий, является их взаимодействие с резидентными микроорганизмами ризосферы, так как штаммы-интродуценты в природных условиях находятся в постоянном контакте с ними [18].

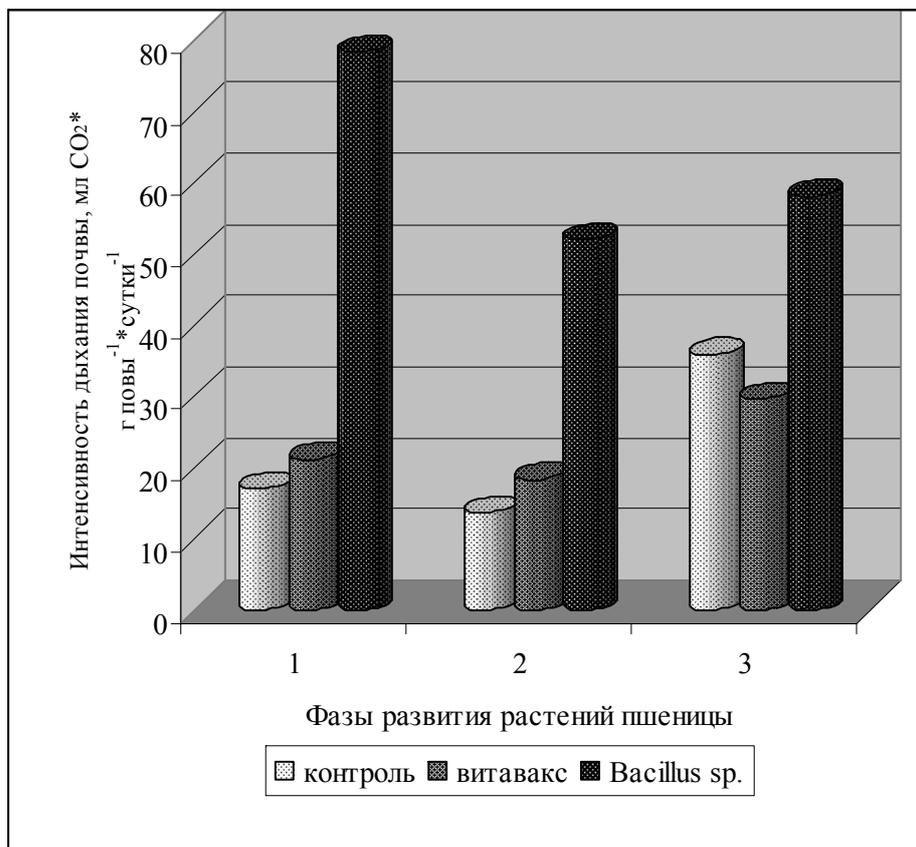


Рис.2. Интенсивность дыхания ризосферы яровой пшеницы под влиянием химического протравителя и микроба-антагониста *Bacillus* sp.: 1 – фаза кущения, 2 – фаза выхода в трубку, 3 – фаза молочно-восковой спелости

В фазе кущения в варианте 3 (*Bacillus* sp.) в ризосфере наблюдалось значительное увеличение общего количества микроорганизмов, в том числе и спорных бактерий, в то время как численность микромицетов уменьшилась в среднем на 35 %, а количество актиномицетов во всех вариантах опыта

существенно не изменилось (табл. 1). В фазу выхода в трубку численность ризосферных микромицетов во всех вариантах опыта оставалась неизменной, при этом количество актиномицетов и споровых бактерий в эту фазу развития пшеницы снизилось в среднем на 12-14 % (табл.1). В фазу молочно-восковой спелости общая численность микроорганизмов и микромицетов оставалась на уровне значений показателей предыдущей фазы развития растений; по сравнению с фазой кущения отмечено уменьшение численности ризосферных споровых бактерий, тем не менее их количество в этом варианте было самым значительным. Численность почвенных актиномицетов в фазе молочно-восковой спелости резко возрастает в контроле (инфекционный фон) и в варианте с Витаваксом. В варианте с *Bacillus sp.* их количество существенно по сравнению с двумя предыдущими фазами развития не изменяется.

Таблица 1.

Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы протравителем Витаваксом и культурой *Bacillus sp.* на численность представителей ризосферной микрофлоры (млн. КОЕ·г почвы<sup>-1</sup>) в условиях искусственного инфекционного фона ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Варианты опыта	Количество микроорганизмов			
	общее количество микроорганизмов	микромицеты	актиномицеты	споровые
Фаза кущения				
Контроль	0,37 ± 0,009	0,36 ± 0,009	0,15 ± 0,002	0,57 ± 0,001
Витавакс	0,37 ± 0,007	0,30 ± 0,003	0,16 ± 0,002	0,58 ± 0,001
<i>Bacillus sp.</i>	0,54 ± 0,008	0,22 ± 0,002	0,18 ± 0,002	0,71 ± 0,001
Фаза выхода в трубку				
Контроль	0,34 ± 0,007	0,37 ± 0,007	0,09 ± 0,001	0,42 ± 0,007
Витавакс	0,34 ± 0,008	0,31 ± 0,006	0,10 ± 0,001	0,46 ± 0,008
<i>Bacillus sp.</i>	0,52 ± 0,008	0,21 ± 0,002	0,14 ± 0,001	0,61 ± 0,009
Фаза молочно-восковой спелости				
Контроль	0,29 ± 0,006	0,33 ± 0,007	0,82 ± 0,001	0,35 ± 0,007
Витавакс	0,30 ± 0,006	0,31 ± 0,005	0,87 ± 0,001	0,36 ± 0,008
<i>Bacillus sp.</i>	0,50 ± 0,008	0,21 ± 0,002	0,12 ± 0,001	0,54 ± 0,009

Фитотоксичность почвы, или почвоутомление, может иметь различные причины и степень выраженности. Причинами, ее вызывающими, могут быть развитие фитопатогенной микрофлоры, односторонне развитие некоторых групп

микроорганизмов в ущерб другим группам и накопление фитотоксических соединений [19]. Проявление высокой фитотоксичности почвы может быть вызвано и несбалансированным развитием определенных групп микроорганизмов, в том числе и антагонистов. Фитотоксичность проявляется в замедлении прорастания семян, угнетении роста и развития растений, снижении их продуктивности. Кроме того, токсические соединения могут угнетать жизнедеятельность полезных микроорганизмов, что приводит к неблагоприятным последствиям [20].

В результате проведенных исследований установлено, что в фазу кушения в контроле (инфекционный фон) фитотоксичность составляла 30,6 %, в варианте с витаваксом – 48,2 %, а в варианте с *Vacillus* sp. 15001 – 13,0 % (рис. 3).

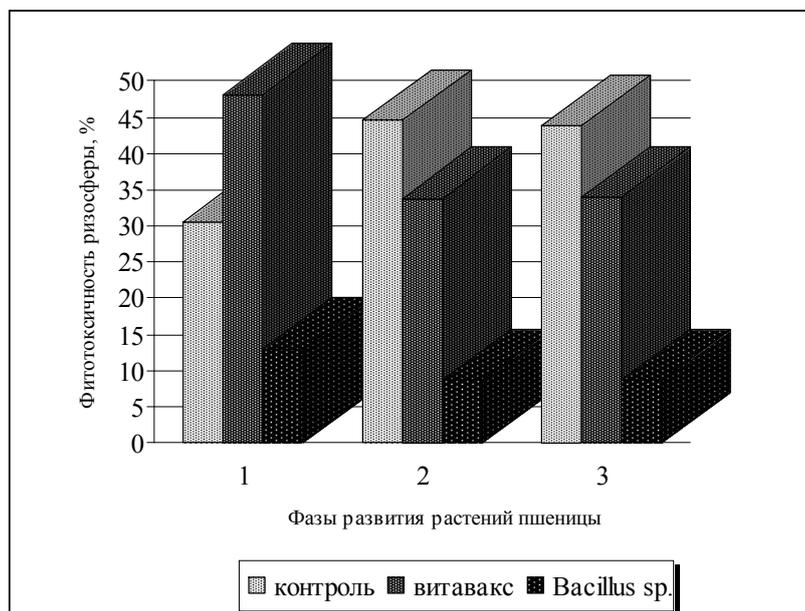


Рис. 3. Фитотоксичность ризосферы яровой пшеницы под влиянием химического протравителя витавакса и микроба-антагониста *Vacillus* sp.: 1 – фаза кушения, 2 – фаза выхода в трубку, 3 – фаза молочно-восковой спелости

Таким образом, в эту фазу фитотоксичность была максимальной при использовании химического протравителя семян витавакса. Применение *Vacillus* sp. позволило снизить степень фитотоксичности в 2,4 раза по сравнению с контролем и в 3,7 раза по сравнению с витаваксом (рис. 3). В фазе выхода в трубку и фазе молочно-восковой спелости во всех вариантах фитотоксичность оставалась на одном и том же уровне: в контроле – 44,6 и 43,9 %, в варианте 2 (витавакс) – 33,8 и 33,9%, и в варианте 3 (*Vacillus* sp.) – 8,7 % соответственно (рис. 3).

Снижение фитотоксичности почвы в опытном варианте с *Vacillus* sp. могло быть связано с уменьшением численности микромицетов в ризосфере, поскольку многие фитопатогены продуцируют токсичные соединения. Так, например, грибы рода *Fusarium* выделяют до 148 метаболитов, среди которых есть и опасные для

людей и животных – дезоксиниваленол (ДОН), ниваленол, зеараленон, фумонизины и др. [21]. С количественным содержанием почвенных актиномицетов изменение степени фитотоксичности, по-видимому, не связано.

Степень поражения растений возбудителем корневой гнили *Fusarium culmorum* и темпы развития болезни при обработке посевного материала яровой пшеницы витаваксом и культурой *Bacillus* sp проявлялись по-разному (табл. 2). Так, в фазу кущения пшеницы минимальная степень поражения, составлявшая 0,6 балла, зафиксирована в варианте с *Bacillus* sp., а степень развития болезни по отношению к контролю – 11,8 %. В варианте с витаваксом значения этих показателей были 1,1 и 53,5 % соответственно. Таким образом, штамм *Bacillus* sp. 15001 в этой фазе наиболее эффективно снижал пораженность растений корневой гнилью.

Таблица 2.

Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы протравителем и культурой *Bacillus* sp. на степень поражения растений (балл:0-4) и развитие болезни яровой пшеницы (%) в условиях искусственного инфекционного фона

Варианты опыта	Степень поражения растений			Развитие болезни, среднее / к контролю		
	1	2	3	1	2	3
Контроль	1,3	1,4	1,4	20,8/ 100	24,1/ 100	24,1/100
Витавакс	1,1	1,3	1,1	15,0/ 53,5	16,6/ 68,9	16,6/ 68,9
<i>Bacillus</i> sp.	0,6	0,6	0,3	3,3/ 11,8	3,3/ 13,7	3,3/ 13,7

Примечание: 1 – фаза кущения растений, 2 – фаза выхода в трубку, 3 – фаза молочно-восковой спелости.

В фазу выхода в трубку в контрольном варианте признаки развития болезни усилились. При обработке семян витаваксом по сравнению с контролем степень развития болезни снизилась на 31,1 %, в то время, как у растений, выращенных из инокулированных *Bacillus* sp. 15001 семян, степень поражения растений фитопатогеном была ниже, чем в контроле, в 2,3 раза. В фазе молочно-восковой спелости значения степени развития болезни во всех вариантах практически полностью совпадали с показателями предыдущей фазы.

Главным показателем эффективности применения химического или биологического препарата является его влияние на продуктивность растений. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы сорта Харьковская-26 витаваксом в условиях искусственного инфекционного фона способствовала увеличению биомассы растений по фазам кущения, выхода в трубку и молочно-восковой спелости на 4,0; 7,0 и 4,0 % соответственно по отношению к контролю. Предпосевная инокуляция семян штаммом *Bacillus* sp. 15001 вызывала возрастание биомассы растений по фазам развития на 39 (кущение), 41 (выход в трубку) и 38 % (молочно-восковая спелость) соответственно по отношению к контролю, что достоверно превышает показатели предыдущего варианта (табл. 3). Таким образом, увеличение биомассы вегетирующих растений пшеницы, а значит, и чистой продуктивности растений, несомненно, положительно скажется на качественных и

количественных характеристиках прогнозируемого урожая.

Таблица 3.

Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы химическим протравителем и культурой *Bacillus* sp. на продуктивность растений яровой пшеницы (г / % к контролю) в условиях искусственного инфекционного фона

Варианты опыта	Биомасса растений		
	Фаза кущения	Фаза выхода в трубку	Фаза молочно-восковой спелости
Контроль	22,9/ 100	30,7/ 100	39,6/ 100
Витавакс	23,9/ 104	32,8/ 107	41,4/ 104
<i>Bacillus</i> sp.	31,8/ 139	43,2/ 141	54,7/ 138

Таким образом, применение в практике растениеводства биопрепаратов нового поколения на основе ассоциативных микроорганизмов, обладающих агрономически полезными свойствами, в том числе и выраженным антагонизмом к фитопатогенным микроорганизмам, позволит существенно снизить применение средств химической защиты растений и получить высококачественную и экологически чистую продукцию растениеводства. Создание и практическое использование новых эффективных биопрепаратов может стать альтернативой химических средств защиты растений, а потому экологически обоснованным и технологически несложным агроприемом.

#### ВЫВОДЫ

1. Предпосевная инокуляция семян яровой пшеницы сорта Харьковская-26 штаммом бактерий *Bacillus* sp.15001 из коллекции Южной опытной станции ИСХМ УААН способствовала возрастанию биологической активности и плодородия почв, о чем свидетельствуют увеличение активности термолabileй каталазы и возрастание интенсивности дыхания ризосферы в 2,0-2,6 и 2,2-4,2 раза соответственно по сравнению с контролем.
2. Инокуляция посевного материала культурой *Bacillus* sp.15001 вызывала увеличение в 1,5-1,7 раза по сравнению с контрольным вариантом общей численности ризосферной бактериальной микрофлоры, эффективно конкурирующей с микромицетами-фитопатогенами, что способствовало угнетению их развития при одновременном сохранении численности почвенных актиномицетов, являющихся важным компонентом почвенных микробценозов.
3. Применение биопрепарата, содержащего *Bacillus* sp.15001, приводило к снижению фитотоксичности ризосферы вследствие уменьшения численности ризосферных фитопатогенных микромицетов – продуцентов токсических метаболитов.
4. Степень поражения растений возбудителем корневой гнили *Fusarium culmorum* и темпы развития болезни при обработке посевного материала яровой пшеницы культурой *Bacillus* s.p достоверно снижались, что положительно отразилось на

накоплении биомассы вегетерирующих растений, а, следовательно, и на продуктивности растений в целом.

5. Химический протравитель семян витавакс 200ФФ проявил меньшую фунгицидную активность, чем исследуемый штамм бацилл-антагонистов. Обработка семян пшеницы витаваксом угнетала развитие не только почвенных микромицетов, но и споровых бактерий – природных антагонистов фитопатогенов, вследствие чего при использовании данного химического протравителя отмечена достаточно высокая степень поражения растений корневой гнилью, и, как следствие, более низкая продуктивность пшеницы.

#### Список литературы

1. Кавецкий В.М. Екотоксикологічне обґрунтування застосування засобів хімізації // Агроекологічний журнал. – 2002. – № 2. – С. 24-30.
2. Чугункова Т.В., Губанова Н.Я. Неспецифические элементы – модуляторы иммунных реакций растений // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – Т. 37. – № 3. – С. 198-207.
3. Петюх Г.П., Патики В.П. Сучасні агротехнології в Україні: проблеми та перспективи // Агроекологічний журнал. – 2005. – № 1 – С.3-7.
4. Сайко В.Ф. Землеробство в сучасних умовах // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 5 (589). – С. 5-10.
5. Tilman D., Cassman K.G., Matson P.A., Naylor R., Polasky S. Agricultural sustainability and intensive production practices // *Sydowia*. – 1998. – P. 149-170.
6. Чабанюк Я.В. Формування та активність мікробного угруповання ризосфери злакових культур за дії комплексу мікробних препаратів та органомінеральних добрив // Автореф. дис. канд. с.-г. наук. – К., 2006. – 20 с.
7. Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве / В сб.: Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. – М., 2005. – 154 с.
8. Монастырский О.А. Опасные грибы // *Агро XXI*. – 1998. – № 10. – С. 18-19.
9. Монастырский О.А. Современное состояние и проблемы исследования токсиногенных грибов, поражающих злаковые культуры // Актуальные вопросы биологизации защиты растений. – Пущино, 2000. – С. 79-89.
10. Левитин М.М. Фузариоз колоса зерновых культур // Защита и карантин растений – 2002. – № 1. – С. 16-17.
11. Gabriele Berg, Annette Krechel, Michaela Ditz, Richard A. Sikora, Andreas Ulrich and Johannes Hallmann Endophytic and ectophytic potato-associated bacterial communities differ in structure and antagonistic function against plant pathogenic fungi // *FEMS Microbiology Ecology*. – 2001. – V. 51. – I. 2,1. – P. 215-229.
12. Шерстобоева О.В. Елементи технології застосування *Bacillus polymyxa* – діазотрофа з антифунгальними властивостями // Физиология и биохимические культурных растений. – 2003. – Т. 35. – № 1 (201). – С. 79-83;
13. Кузин А.И., Кириченко П.М., Кузнецова Н.И. и др. Фунгицидные свойства штамма *Bacillus subtilis* // Материалы Всерос. конференции «Сельскохозяйственная микробиология в 19-21 веках» – Санкт-Петербург, 2001. – С. 30.
14. Галстян А.Ш. Унификация методов определения активности ферментов почв // Почвоведение. – 1978. – № 2. – С. 107-113.
15. Методы почвенной микробиологии и биохимии /Под ред. Звягинцева Д.Г. – М.: МГУ, 1991. – 304 с.
16. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 145-156.
17. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов // Под ред Красильникова Н.А. – М.: МГУ, 1966. – С. 12.

18. Сафронова Г.В., Суховицкая Л.А., Короленок Н.В., Тагиль И.И. Интродукция искусственных ризосферных бактериальных ассоциаций в ризосферу гороха // *Материалы междунар. конф. «Микробиология и биотехнология 21 столетия»*. – Минск, 2002. – С. 83-84.
19. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений. – К.:Наук. думка, 1991. – С.51-60.
20. Берестецкий О.А. Методы определения токсичности почв // *Микробиологические и биохимические исследования почв*. – К.: Урожай, 1971. – С. 239-243.
21. Львова Л.С., Седова И.Б., Кизленко О.И. и др. Образование фумонизинов штаммами *Fusarium moniliforme*, выделенными из зерна кукурузы // *Приклад. биохим. микробиол.* – 2003. –Т. 39. – № 2. – С. 222-227.

Отуріна І.П., Каліберденко О.В., Пархоменко Т.Ю., Шерстобоев М.К. Вплив мікробів-антагоністів роду *Bacillus* на розвиток пшениці за умов штучного інфекційного фону // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського . Серія „Біологія, хімія”*. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 87-97.

Проаналізовано вплив обробки насіння ярової пшениці інкулятом штаму *Bacillus* sp. 15001 на біологічну активність ризосфери, ступінь ураження рослин мікроміцетами та накопичення рослинної біомаси на протязі вегетаційного періоду. Встановлено, що бацили-антагоністи більш ефективно, ніж хімічний протравник вітавакс, пригнічують розвиток фітопатогенів, підвищують показники біологічної активності ґрунту ризосфери, знижують ступінь його фітотоксичності та ураженість рослин кореневою гниллю.

Ключові слова: мікроби-антагоністи, фітопатогени, мікроміцети, біологічна активність ґрунту, фітотоксичність, продуктивність пшениці

Oturina I.P., Kaliberdenko E.V., Parkhomenko T.Y., Sherstoboyev N.K. Influence of microbes-antagonists of genus *Bacillus* on development of wheat under conditions of an artificial infectious background // *Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry»*. – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 87-97.

Summary: the effect of treatment of a spring wheat seeds by inoculum of strain *Bacillus* sp. 15001 on biological activity rhizosphere, a degree of defeat of plants by parasitic fungi and accumulation of a plants biomass have been analyzed during the vegetative period. It have been established, that bacillus-antagonists more effectively suppress development of phytopathogens, raise parameters of ground's biological activity, reduce its degree phytotoxicity and disease of plants root decay.

Keywords: microbes-antagonists, phytopathogens, parasitic fungi, biological activity of ground, phytotoxicity, productivity of wheat

Пост упила в редакцію 21.04.2008 г.

УДК 579.222.6 ]:618.15

## ОСОБЛИВОСТІ ІОННОГО ФОСФОРИЛЮВАННЯ У СТАФІЛОКОКІВ ПРИ ДИСБІОЗІ УРОГЕНІТАЛЬНОГО ТРАКТА ЖІНОК

Полішко Т.М., Сірокваша О.А., Вінніков А.І.

Встановлено можливість синтезу АТФ при створенні градієнтів трансмембранної різниці потенціалів ( $\Delta\psi$ ) або трансмембранного градієнту протонів ( $\Delta pH$ ) у стафілококів, виділених при нормобіозі урогенітального тракту (УГТ) та у стафілококів, які виділено при дисбіозі УГТ. Найбільша інтенсивність прироста АТФ характерна для стафілококів, виділених при дисбіозі, найменша – у стафілококів, виділених при дисбіозі і наявності додаткової інфекційної патології в порівнянні зі стафілококами, виділеними при нормобіозі УГТ.

Ключові слова: урогенітальний тракт, стафілококи, синтез АТФ, мембранний потенціал, градієнт протонів.

### ВСТУП

Стафілококи, які є умовно-патогенними бактеріями, викликають особливий інтерес в зв'язку із значним набором факторів патогенності і можливістю швидкого надбання і розповсюдження штамів, стійких до антибіотиків. Кількість інфекцій стафілококової етіології в усьому світі постійно збільшується. Особливу тривогу викликає ріст внутрішньогоспітальної стафілококової інфекції в акушерсько-гінекологічних, дитячих, хірургічних та інших клініках [1 – 12].

Необхідно особливо зупинитися на тому, що багато культур стафілококів входять до складу індигенної мікрофлори відкритих біотопів організму людини, в тому числі урогенітального тракту (УГТ) жінок. При деяких умовах: зниженні фізіологічної активності організму, зниженні імунного статусу, порушенні гормональної активності, неконтрольованому застосуванні антибіотиків та інших лікарських засобів, впливу ряду сприятливих факторів зовнішнього середовища екологічна рівновага мікробіоценозу УГТ може бути порушена, і стан нормобіозу змінюється на дисбіоз УГТ. При цьому різко знижується кількість сапрофітних бактерій, насамперед, лактобацил і біфідобактерій, і збільшується кількість умовно-патогенних і патогенних бактерій і, в першу чергу, стафілококів [13 – 22].

З високим ступенем вірогідності можна припустити, що при дисбіозі змінюються не тільки кількісні характеристики бактерій мікробіоценозу УГТ, але і відбувається зміна метаболічних процесів, що у стафілококів напряму пов'язана з реалізацією патогенних ознак і вірогідністю розвитку інфекційного процесу. Між тим системних досліджень по порівняльному вивченню метаболізму стафілококів, виділених при нормобіозі та дисбіозі УГТ жінок, не проводиться.

У зв'язку з цим метою нашої роботи було порівняльне вивчення енергетичного обміну у штамів стафілококів, виділених при нормобіозі, і двох груп штамів, які

були виділено при дисбіозі. В якості параметрів вивчення енергозабезпечення було обрано динаміку синтезу АТФ під час іонного фосфорилування в зв'язку з тим, що синтез АТФ при створенні градієнтів  $\Delta\psi$  і  $\Delta\text{pH}$  є одним з ключових параметрів трансформації енергії в бактеріальній клітині [23,24].

#### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

В якості об'єкта дослідження було використано штами *Staphylococcus aureus*, які були виділені при бактеріологічному обстеженні жінок. Виділені штами входили до трьох груп: перша група – стафілококи, які були виділені із УГТ здорових жінок в стані нормобіозу; друга група – стафілококи, які були виділені із УГТ при дисбіозі; третя група – стафілококи, які були виділені із УГТ в стані дисбіоза при наявності додаткової інфекційної патології бактеріальної або вірусної етіології. Визначення таксономічної належності вказаних штамів стафілококів проводили згідно визначника Бергі [25].

Для вивчення параметрів енергетичного обміну було взято по п'ять штамів кожної групи. Вирощування стафілококів проводили при 37° С до кінця логарифмічної фази росту. Клітини відмивалися двічі при центрифугуванні 20 хв. при 5000 об/хв в 50 мМ трис-НСІ буфері, рН 7,4 і суспендировали в цьому ж буфері з додаванням 5 мМ  $\text{MgCl}_2$ .

Транспорт іонів калію і водню у стафілококів вимірювали із застосуванням  $\text{K}^+$ -електрода Критур тип 19-15 і рН-електродів. Вимірювальна схема включала іономер ЭВ-74, інтегральну схему обробки сигналів з вихідом на персональний комп'ютер. Концентраційний градієнт іонів  $\text{K}^+$  створювали шляхом інкубації клітин в 0,3 М розчині КСІ на 40мМ трис-НСІ буфері, рН 7,0 протягом 30 хв, потім клітини відмивали від КСІ при центрифугуванні на холоді (2-4°). Градієнт рН створювали при добавленні в середовище НСІ або трис-основи. Швидкість іонних потоків калію або протонів виражали в  $\text{нмоль}\cdot\text{хв}^{-1}\cdot\text{мг}^{-1}$  білка.

Для визначення кількості АТФ, яка синтезована в клітинах при наведенні мембранної різниці потенціалів, або градієнта рН, проводили екстракцію клітинної біомаси 30%  $\text{HClO}_4$  по методу Cole et al.[26]. Кількість АТФ в екстракті визначали по методу Hempling [27] з використанням додаткової ферментаційної системи, яка містить гексокіназу і глюкозо-6-фосфатдегідрогеназу. 0,1 мл клітинного екстракта вносили в 2,5 мл 30мМ розчину морфолінпропансульфонової кислоти (MORS) рН 7,0, яка містить 0,5 мМ NADP, 1 мМ глюкози, 3 мМ  $\text{MgCl}_2$ . Глюкозо-6-фосфатдегідрогеназу добавляли в кількості 5 мкг, гексокіназу – 12 мкг. Кількість АТФ розраховували по кількості відновленого NADPH. Концентрацію АТФ виражали в молярних одиницях, беручи за основу при розрахунках кількість внутрішньоклітинної води для стафілококів 1,55 мкл на 1 мг сухої ваги клітин, встановлену Niven, Hamilton [28].

Концентрація добавок, які вносились: субстратів, інгібіторів дихального ланцюга, протонфорних роз'єднувачів та іонофорних антибіотиків приводяться в таблицях. Дані перераховувались на 1 мг білка, білок визначали методом Лоурі . Дані оброблялись статистично з використанням t-критерія Стюдента.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Наведення електрохімічного потенціалу іонів водню через мембрану, як відомо, ініціює вхід протонів в клітину. Процеси трансформації енергії в енергоперетворюючих мембранах включають в себе ще одну складову частину: можливість синтезу АТФ при створенні на мембрані компонентів електрохімічного потенціалу іонів водню, тобто мембранного потенціалу та градієнту протонів. Синтез АТФ в цьому разі можливий як при роботі генераторів протонного електрохімічного потенціалу, так і при створенні штучних іонних градієнтів неензиматичним шляхом при відсутності метаболічних процесів. В цілому ряді робіт [29,30] було показано таку можливість синтезу АТФ шляхом створення градієнтів  $\Delta\psi$  і  $\Delta pH$ , але ці дослідження було проведено тільки на еталонних штаммах обмеженої кількості видів бактерій і зовсім не вивчались клінічні штами. Було показано, що присутність іонних градієнтів створює додаткові можливості постачання джерел конвертованої енергії для виконання різних видів роботи клітиною і, насамперед, осмотичної роботи, це має особливе значення при створенні в середовищі проживання біологічних об'єктів екстремальних умов існування.

Виходячи з цього, необхідним етапом вивчення процесів трансформації у стафілококів різних груп є порівняльне вивчення можливостей та динаміки синтезу АТФ при створенні градієнтів  $\Delta\psi$  і  $\Delta pH$ .

Спочатку необхідно було в'яснити можливість індукції іонних потоків з клітин стафілококів при створенні певних іонних градієнтів. Схема експериментів включала в себе інкубацію біомаси стафілококів вивчаємих груп в середовищі, насиченому іонами калію. Внаслідок перепаду концентрацій калію в середовищі і всередині клітин іони калію накопичувались всередині клітин. При наступному внесенні біомаси клітин з накопиченим калієм в середовища, де були відсутні іони калію, було зареєстровано вихід калію із клітин (табл. 1).

Таблиця 1.

Швидкість потоку іонів калію, що індукується валіноміцином в клітинах стафілококів в  $\text{нмоль} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{мг}^{-1}$  білка ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Добавки	Група 1(n=5)	Група 2(n=5)	Група 3(n=5)
Без добавки	—	—	—
+ валіноміцин 1мкМ	170±18	240±18	100±9
+ХКФ 1мкМ	250±16	275±20	160±15

Із даних таблиці видно, що при відсутності добавок виходу калію не спостерігається і тільки добавка валіноміцину (специфічного переносника  $K^+$  через мембрани) призводить до ініціації потоку іонів калію із клітин. Швидкість потоку в присутності валіноміцину для стафілококів 1-ої групи досягає  $170 \pm 18$   $\text{нмоль} \cdot \text{хв}^{-1} \cdot \text{мг}^{-1}$  білка.

У стафілококів 2-ої групи швидкість потоку складає 141,2%, а у стафілококів 3-ої групи 58,8% в порівнянні зі швидкістю потоків іонів калію у стафілококів 1-ої контрольної групи. Добавка протоннофорного роз'єднувача ХКФ призводить до підвищення швидкості викиду іонів калію у стафілококів всіх трьох груп, причому

найбільша інтенсивність траслокації калію в присутності ХКФ зустрічається у стафілоkokів 2-ої групи.

Одночасно, з виходом калію із клітин, зафіксовано вхід іонів водню всередину клітини в обмін на іони калію (табл. 2). Цей процес ініціюється внесенням валіноміцина і має максимальне значення  $250 \pm 17$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка у стафілоkokів 2-ої групи, що складає 131,6% проти  $190 \pm 12$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка (100%) у стафілоkokів 1-ої групи та мінімальну швидкість встановлено для стафілоkokів 3-ої групи  $120 \pm 10$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка, що складає 63,2% від значень 1-ої контрольної групи.

Таблиця 2.

Швидкість потоку іонів водню, що індукований валіноміцином в клітинах стафілоkokів в нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Добавки \ Групи	1 (n=5)	2 (n=5)	3 (n=5)
Без добавки	—	—	—
+ валіноміцин 1мкМ	190±12	250±17	120±10
+ХКФ 1мкМ	240±14	290±19	170±11

Швидкість викиду іонів водню прискорюється при додаванні протонофорного роз'єднувача ХКФ, причому максимальна швидкість має місце у стафілоkokів 2-ої групи ( $290 \pm 19$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка) проти  $240 \pm 14$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка у 1-ої групи і мінімальна ( $170 \pm 11$  нмоль·хв<sup>-1</sup>·мг<sup>-1</sup> білка) у стафілоkokів 3-ої групи. Вихід іонів калію із клітини в присутності валіноміцина призводить до створення орієнтації поля «—» всередині клітини, додавання протонофорного роз'єднувача ХКФ підвищує проникливість мембрани для протонів, що призводить до прискорення потоків K<sup>+</sup> і H<sup>+</sup>.

Наведення потенціалу в ході іонних потоків при створенні градієнтів концентрацій іонів давало змогу вивченню динаміки синтезу АТФ на мембрані стафілоkokів. Вивчення динаміки синтезу АТФ проводили при наведенні трансмембранної різниці потенціалів за рахунок концентраційного градієнта іонів калію. Біомасу клітин стафілоkokів навантажували іонами калію, а потім інкубували в середовищі, де була відсутність калію, щоб виключити можливість метаболічних процесів, пов'язаних з дією дихального ланцюгу, в середовищі були відсутні субстрати і вносився KCN. Результати цих експериментів наведено в таблиці 3.

При відсутності в середовищі валіноміцину, тобто відсутності потоку калію із клітин, концентрація АТФ всередині клітин знаходилась в межах 25-50 мкМ. При послідовному збільшенню концентрації валіноміцину з 10 до 30 мкг/мл спостерігається приріст АТФ, що пов'язаний з наведенням трансмембранної різниці потенціалів внаслідок виходу, під дією валіноміцину, калія із клітин.

Максимальні прирости АТФ визначаються при концентрації валіноміцину 30 мкг/мл. Так, для 1-ої контрольної групи стафілоkokів, концентрація досягає  $300 \pm 12$  мкМ, що прийнято за 100%, для 2-ої групи концентрація досягає

максимальних значень  $400 \pm 15$  мкМ, що складає 133,3%, і мінімальне значення для 3-ої групи  $250 \pm 11$  мкМ, що дорівнює 83,3%. Таким чином, максимальний приріст при неензиматичному наведенні трансмембранної різниці потенціалів досягає 350 мкМ для стафілококів 2-ої групи, 270 мкМ для 1-ої групи та 225 мкМ для 3-ої групи.

Таблиця 3.  
Взаємозв'язок прироста АТФ (мкМ) і концентрації валіноміцина при створенні градієнта рН у вивчаємих груп стафілококів ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Концентрація валіноміцина (мкг/мл) / Групи	0	10	20	30
1 (n=5)	$30 \pm 2$	$50 \pm 6$	$70 \pm 5$	$300 \pm 12$
2 (n=5)	$50 \pm 3$	$300 \pm 11$	$350 \pm 10$	$400 \pm 15$
3 (n=5)	$25 \pm 5$	$70 \pm 8$	$150 \pm 9$	$250 \pm 11$

Для послідовного доказу того, що приріст АТФ відбувається за рахунок наведеної трансмембранної різниці потенціалів, було проведено експерименти по впливу класичних енергетичних інгібіторів на утворення АТФ (табл. 4).

Таблиця 4.  
Вплив інгібіторів мембранного потенціала на утворення АТФ (мкМ) в клітинах вивчаємих груп стафілококів при створенні валіноміцином трансмембранної різниці потенціалів ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Групи / Добавки	Добавки, які вносились		
	Без добавки	ХКФ 3 мкМ	ДЦКД 0,1 мМ
1 (n=5)	$300 \pm 12$	$20 \pm 3$	$70 \pm 7$
2 (n=5)	$400 \pm 15$	$10 \pm 2$	$30 \pm 5$
3 (n=5)	$250 \pm 11$	$10 \pm 1$	$50 \pm 6$

Як видно з результатів таблиці, добавка протонного роз'єднувача ХКФ викликає найбільший пригнічуючий ефект на приріст АТФ у стафілококів 2-ої групи з  $400 \pm 12$  до  $10 \pm 2$  мкМ АТФ, що складає відсоток пригнічення 97,5%, трохи менший ефект у стафілококів 1-ої групи з  $300 \pm 10$  до  $20 \pm 3$  мкМ, що складає пригнічуючий ефект 93,3%, і наприкінці у стафілококів 3-ої групи концентрація зменшилась з  $250 \pm 8$  до  $10 \pm 1$  мкМ, що складає пригнічуючий ефект 96,0%.

ХКФ як протонний роз'єднувач знімає весь електрохімічний потенціал іонів водню на мембрані, в той час як ДЦКД пригнічує можливий приріст АТФ при дії тільки протонної  $H^+$ -АТФази. ДЦКД теж подавляє приріст АТФ, але в меншому ступені, чим ХКФ. Так, для стафілококів 2-ої групи концентрація АТФ зменшується з  $400 \pm 12$  до  $30 \pm 5$  мкМ, що відповідає пригнічуючому ефекту 92,5%, для стафілококів 1-ої та 3-ої груп пригнічуючі ефекти ДЦКД суттєво не відрізняються 76,7% та 80,0% відповідно.

Наступним доказовим аргументом можуть бути експерименти, що показують залежність приросту АТФ від перепаду концентрацій  $K^+$  зовні та всередині клітини (табл. 5).

Таблиця 5.

Синтез АТФ (мкМ) в клітинах стафілококів, що індукований валіноміцином, при зниженні перепаду концентрацій іонів калію зовні та всередині клітини ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Групи	Концентрація $K^+$ в середовищі (мМ)			
	0	30	100	200
1(n=5)	300±12	120±7	70±9	30±5
2(n=5)	400±15	200±11	150±17	50±6
3(n=5)	250±11	150±13	100±14	20±4

В серії експериментів, результати яких представлено в табл. 5, клітини, що навантажені іонами калію, вносили в інкубаційні середовища з різними концентраціями іонів калію від 0 до 200 мМ.

При такій ситуації концентраційний градієнт між іонами калію всередині клітини і в середовищі знижувався, досягаючи практично нульових значень при концентрації в середовищі іонів калію 200 мМ.

Зупиняючись на даних табл. 5, можна відмітити, що при відсутності іонів калію в середовищі максимальна концентрація АТФ – 400±15 мкМ відмічається у стафілококів другої групи, у відсотковому співвідношенні це на 33,3% вище концентрації АТФ у стафілококів, виділених при нормобіозі (перша група). У стафілококів третьої групи (дисбіоз на фоні інфекційного процесу бактеріальної або вірусної етіології) – найменша концентрація АТФ, на 16,7% нижча в порівнянні зі стафілококами першої групи, де концентрацію АТФ 300±12 мкМ прийнято за 100%.

Для стафілококів всіх трьох груп відмічається чітка тенденція зниження синтезованого за рахунок концентраційного градієнта іонів калію АТФ при зменшенні градієнта концентрації в середовищі по відношенню до внутрішньоклітинної концентрації іонів калію. При концентрації 200 мМ  $K^+$  в середовищі концентрації АТФ – мінімальні, вони досягають 10,0%; 12,5% і 8,0% відповідно для стафілококів 1, 2 та 3 груп від максимальних концентрацій АТФ при максимальному градієнті іонів калію. Це переконливе свідчення того, що синтез АТФ, індукований валіноміцином, обумовлений концентраційним градієнтом іонів калію.

Як відомо, електрохімічний потенціал іонів водню ( $\Delta\mu H^+$ ) складається із двох компонентів:  $\Delta\psi$  і  $\Delta pH$ , причому при зміні  $\Delta pH$  середовища співвідношення між ними в загальному кількісному значенні  $\Delta\mu$  може змінюватись. Отже і створення концентраційного градієнта  $\Delta pH$  повинно приводити до синтезу АТФ. Результати експериментів по синтезу АТФ при створенні  $\Delta pH$  приведено в табл. 6. В ході експериментів в середовище з рН 7,4, де знаходились клітини стафілококів, вносили дозовану кількість HCl, з метою зниження рН з 7,4 до 5,0.

Таблиця 6.  
Синтез АТФ (мкМ) у вивчаємих груп стафілококів при створенні градієнта  $\Delta\text{pH}$   
( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Добавки, які вносились	НСІ рН 7,4→5,0	Трис рН 5,0→7,4
Групи		
1(n=5)	190±19	35±5
2(n=5)	300±20	57±9
3(n=5)	140±15	29±4

Це приводило до створення трансмембранного градієнта протонів, енергія якого витрачалася на синтез АТФ. Стафілококи першої групи (нормобіоз) характеризувались концентрацією АТФ – 190±19 мкМ, що було прийнято за 100%. Для стафілококів другої групи (дисбіоз) концентрація АТФ була 300±20 мкМ, що на 57,9% вище, ніж в першій групі. Мінімальна концентрація АТФ відмічена у стафілококів третьої групи (дисбіоз з наявністю додаткового інфекційного процесу) – 140±15 мкМ, що на 26,3% нижче, ніж у стафілококів контрольної першої групи.

На другому етапі експеримента в це ж середовище інкубації, де рН 5,0, вносили дозовану кількість розчину трис-основи з тим, щоб рН виросло з 5,0 до 7,4. Це внесення привело до зняття концентраційного градієнта  $\Delta\text{pH}$  і відповідно до різкого зниження концентрації внутрішньоклітинної АТФ. Якщо прийняти за 100% концентрації АТФ при створенні градієнта протонів (стрижку рН 7,4 → 5,0) для кожної із трьох груп стафілококів, то при знятті градієнта  $\Delta\text{pH}$  значення концентрацій АТФ упали до 18,4%; 19,0% і 20,7 відповідно для 1, 2 і 3 груп стафілококів. Отримані дані однозначно свідчать про можливість синтезу АТФ за рахунок створення градієнта  $\Delta\text{pH}$ .

Розглядаючи перспективи подальших досліджень, необхідно відмітити, що в теперішній час відбувається інтеграція функціональної геноміки, протеоміки і вивчення метаболізму в єдину системну біологію, яка дозволить у повному обсязі представити процеси, які відбуваються в клітині, від експресії генів до окремих метаболічних реакцій [31].

Виходячи з цього, вважається доцільним комплексне вивчення енергетичного та конструктивного обміну в порівнянні з даними геноміки та протеоміки еталонних штамів стафілококів і клінічних штамів стафілококів, виділених при різних формах патології УГТ жінок. Це дозволить підвищити рівень діагностики, профілактики і лікування інфекційних захворювань УГТ жінок.

#### ВИСНОВКИ

1. Генерація трансмембранної різниці електричних потенціалів при створенні концентраційного градієнта іонів калію та індукції валіноміцином потоку  $\text{K}^+$  призводить до синтезу АТФ у стафілококів вивчаємих груп.

2. Створення концентраційного градієнта  $\Delta pH$  при закисненні середовища призводить до синтезу АТФ у стафілококів вивчаємих груп.
3. Найбільший приріст АТФ при неензиматичній генерації  $\Delta\psi$  і  $\Delta pH$  встановлено у стафілококів, виділених при дисбіозі УГТ (група 2), а найменший – у стафілококів при дисбіозі з супутньою інфекційною патологією (група 3) в порівнянні з синтезом АТФ у стафілококів, виділених при нормобіозі УГТ (група 1).

## Список літератури

1. Goetz F. Staphylococci in colonization and disease: prospective targets for drugs and vaccines // *Curr. Opin. Microbiol.* – 2004. – V. 7. – P. 477–487.
2. da Silva M. C., Zahm J. M., Gras D., Bajolet O., Abely M., Hinrasky J., Milliot M., de Assis M. C., Hologne C., Bonnet N., Merten M., Plotkowski M. C., Puchelle E. Dynamic interaction between airway epithelial cells and Staphylococcus aureus // *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.* – 2004. – V. 287. – P. 543–551.
3. Dinges M. M., Orwin P. M., Schlievert P. M. Exotoxins of Staphylococcus aureus // *Clin. Microbiol. Rev.* – 2000. – V. 13. – P. 16–34.
4. Hauck C. R., Ohlsen K. Sticky connections: extracellular matrix protein recognition and integrin-mediated cellular invasion by Staphylococcus aureus // *Curr. Opin. Microbiol.* – 2006. – V. 9. – P. 5–11.
5. Palmqvist N., Silverman G. J., Josefsson E., Tarkowski A. Bacterial cell wall-expressed protein A triggers supraclonal B-cell responses upon in vivo infection with Staphylococcus aureus // *Microbes Infect.* – 2005. – V. 7. – P. 1501–1511.
6. Que Y. A., Haefliger J. A., Piroth L., Francois P., Widmer E., Entenza J. M., Sinha B., Herrmann M., Francioli P., Vaudaux P., Moreillon P. Fibrinogen and fibronectin binding cooperate for valve infection and invasion in Staphylococcus aureus experimental endocarditis // *J. Exp. Med.* – 2005. – V. 201. – P. 1627–1635.
7. Tormo M. A., Knecht E., Goetz F., Lasa I., Penade's J. R. Bap-dependent biofilm formation by pathogenic species of Staphylococcus: evidence of horizontal gene transfer? // *Microbiology.* – 2005. – V. 151. – P. 2465–2475.
8. Chambers H.F. The changing epidemiology of Staphylococcus aureus? // *Emerg. Infect. Dis.* – 2001. – V. 7. – P. 178–182.
9. Palavecino E. Community-acquired methicillin-resistant Staphylococcus aureus infections // *Clin. Lab. Med.* – 2004. – V. 24. – P. 403–418.
10. Weber S.G., Gold H.S., Hooper D.C., Karchmer A.W., Carmeli Y. Fluoro-quinolones and the risk for methicillin-resistant Staphylococcus aureus in hospitalized patients // *Emerg. Infect. Dis.* – 2003. – V. 9. – P. 1415–1422.
11. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Vancomycin-resistant Staphylococcus aureus. – New York, 2004. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* – 2004. – V. 53. – P. 322–323.
12. Buescher E.S. Community-acquired methicillin-resistant Staphylococcus aureus in pediatrics // *Curr. Opin. Pediatr.* – 2005. – V. 17. – P. 67–70.
13. Dobrindt U., Hochhut B., Hentschel U., Hacker J. Genomic islands in pathogenic and environmental microorganisms // *Nat. Rev. Microbiol.* – 2004. – V. 2. – P. 414–424.
14. Назарова Е.К., Гиммельфарб Е.И., Созаева Л.Г. Микробиоценоз влагалища и его нарушения // *Клиническая лабораторная диагностика.* – 2003. – №2. – С. 25–53.
15. Подгорский В.С., Лясковский Т.М., Коваленко Н.К., Олещенко Л.Т. Изучение вагинальной и кишечной микрофлоры женщин в предродовом периоде и её коррекция при дисбиотических нарушениях // *Мікробіологічний журнал.* – 2006. – №2. – С. 92–104.
16. Сидорова И.С., Воробьев А.А., Боровкова Е.И. Микробиоценоз половых путей женщин репродуктивного возраста // *Акушерство и гинекология.* – 2005. – №2. – С. 7–9.
17. Руденко А.В., Ромащенко О.В., Брудько А.П. Діагностика бактеріального вагінозу // *Лабораторна діагностика.* – 2002. – №4. – С. 30–34.

18. Назарова Е.К., Гиммельфарб Е.И., Созаева Л.Г. Микробиоценоз влагалища и его нарушения //Клиническая лабораторная диагностика. – 2003. – №2. – С. 25-53.
19. Кудрявцева Л.В., Ильина Е.Н., Говорун В.М., Минаев В.И., Зайцева С.В., Липова Е.В., Баткаев Э.А. Бактериальный вагиноз. – М: Издательство МГУ, 2001. – 78с.
20. Григорович Л.В. Бактериальный вагиноз: клиника, течение, лечение //Журнал практичного лікаря. – 2005. – №1. – С. 17-20.
21. Вальшев А.В., Елагина Н.Н., Бухарин О.В. Анаэробная микрофлора женского репродуктивного тракта //Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. – 2001. – №4. – С. 78-84.
22. Анкирская А.С. Бактериальный вагиноз //Акушерство и гинекология. – 2005. – №3. – С. 10-13.
23. Mitchell P. Vectorial chemiosmotic processes //Annu.Rev.Biochem. – 1977. – V.46. – P. 996 – 1005.
24. Скулачев В.П. Энергетика биологических мембран. – М.: Наука, 1989. – 564 с.
25. Определитель бактерий Берги: Пер. с англ. / Под ред. Хоулта Дж., Криля Н., Синта П. и др. в 2-х тт. – М.: Мир, 1997. – Т.1. – 430 с.; т.2. – 368 с.
26. Cole U.A., Wimpenny J.M.T., Hughes D.E. The ATP pool in Escherichia coli 1 Measurement of the pool using a modified luciferase assay //Biocim. Biophys. Acta. – 1967. – V. 143. – P. 445-453.
27. Hempling W.P. Studies on the efficiency of oxidative phosphorylation in intact Escherichia coli //Biochem. Biophys. Acta. – 1970. – V. 205. – P. 169-182.
28. Niven D.f., Hamilton W. A. The mechanism of energy coupling in the active transport of amino acid by Staphylococcus aureus //Biochem. J. – 1972. – V. 127. – P. 58.
29. Винников А.И. Синтез АТФ в клетках Staphylococcus aureus при наведении мембранного потенциала и градиента протонов //Биохимия. – 1988. – Т.53, в. 5. – с. 853-855.
30. Гринюс Л.Л., Транспорт макромолекул у бактерий. – М.: Наука, 1986. – 240с.
31. Hecker M., Engelmann S., Cordwell S.J. Proteomics of Staphylococcus aureus—current state and future challenges //Journal of Chromatography B. – 2003. – V. 787. – P. 179-195

Полішко Т.Н., Сіроковаша Е.А., Вінніков А.І. Особенности ионного фосфорилирования у стафилококков при дисбиозе урогенитального тракта женщин //Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия»– 2008. – Т. 20 (59). – № 4. – С. 98-106.

Установлена возможность синтеза АТФ при создании градиентов трансмембранной разности потенциалов ( $\Delta\psi$ ) или трансмембранного градиента протонов ( $\Delta pH$ ) у стафилококков, выделенных при нормобиозе урогенитального тракта (УГТ) и у стафилококков, выделенных при дисбиозе УГТ. Наибольшая интенсивность прироста АТФ характерна для стафилококков, выделенных при дисбиозе, наименьшая – у стафилококков, выделенных при дисбиозе и наличии дополнительной инфекционной патологии в сравнении со стафилококками, выделенными при нормобиозе УГТ.

Ключевые слова: урогенитальный тракт, стафилококки, синтез АТФ, мембранный потенциал, градиент протонов.

Polishko T.N., Sirokvasha E.A., Vinnikov A.I. Singularities of ionic phosphorylation at staphylococcus in the presence of vaginitis of women's urogenital tract //Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2007. – V.20 (59). – № 4. – P. 98-106.

The possibility of synthesis ATP is indicated at formation of gradients transmembrane potential differences ( $\Delta\psi$ ) or transmembrane gradient of protons ( $\Delta pH$ ) at staphylococcus, isolation at normal state of urogenital tract (UGT) and at staphylococcus, isolation at vaginitis of UGT. The greatest intensity of increase ATP is characteristic for staphylococcus, isolation at vaginitis, the least - at staphylococcus, isolation at vaginitis and presence of an additional infectious pathology in comparison with staphylococcus, isolation at normal state of UGT.

Keywords: urogenital tract, staphylococcus, synthesis ATP, membrane potential, gradient of protons.

Поступила в редакцию 20.03.2008 г.

УДК 612.822.3:612.828:615.214.547.78

## ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ

Фокина Ю.О., Павленко В.Б., Куличенко А.М.

В обзоре рассматриваются основные гипотезы, объясняющие механизмы изменения электроэнцефалограммы при проведении сеансов обратной связи. Акцент делается на изменения нейромодуляторных влияний ствола мозга, пластичность нейронных сетей и формирование новых нейронных ансамблей.

Ключевые слова: обратная связь по электроэнцефалограмме, нейромодуляторы, пластичность, длительная потенциация, нейронный ансамбль.

В настоящее время все большее распространение в лечении психологических, неврологических и психосоматических состояний получает метод обратной связи по характеристикам электроэнцефалограммы (ЭЭГ-ОС) [1–4]. Суть метода биологической обратной связи (БОС) заключается в том, что пациент, посредством технических средств получает информацию о текущем состоянии одной из физиологических систем и обучается контролировать не только свое психофизиологическое состояние, но и произвольно управлять функционированием данной системы [5]. Однако, проблемой эффективного применения ЭЭГ-ОС является недостаточное исследование нейро- и психофизиологических механизмов тех преобразований в мозговой динамике, которые возникают в процессе тренинга ЭЭГ-ОС. В настоящее время, для объяснения механизмов, с помощью которых возможна произвольная регуляция биоэлектрической активности мозга, предложен ряд гипотез, которые рассматриваются в данной работе.

Пластичность нейронных сетей – основа обратной биологической связи по электроэнцефалограмме. Эффективность БОС-регуляции базируется на фундаментальных свойствах мозга - ритмике, пластичности, активации. Если действие БОС приводит к эффективным и длительным изменениям в нейронных цепях, определяющих то или иное функциональное состояние головного мозга, то эти нейронные цепи должны не только меняться под действием БОС, но и фиксировать эти изменения в течение времени; т.е. эти системы должны быть достаточно пластичны [6]. Пластичность является фундаментальным свойством нервной клетки и центральной нервной системы (ЦНС) в целом. Она проявляется в относительно устойчивых изменениях реакции нейрона и во внутриклеточных его преобразованиях в ответ на приходящие к нему по нейронной сети нейромодуляторы, обеспечивающие изменение эффективности и направленности межнейронных связей. С. Отмер рассматривает пластичность мозга как отношение

в парадигме структура-функция [7]. По его мнению, пластичность – это и структура и функция одновременно. Благодаря пластичности, происходят изменения в нейронных связях и можно говорить об изменении их функционирования. Когда эти изменения произойдут, то они уже закреплены в структуре. Таким образом, функция закрепляется в структуре. Здесь акцент делается на рост новых дендритов и пластичность рассматривается как долговременные изменения в мозговых структурах [7]. А.Абарбанал выделяет два механизма, определяющие такую пластичность – модуляция нейронных цепей и долговременная потенциация [8]. Нейромодуляция определяется восходящим контролем ствола мозга. Существует 4 основные модуляторные системы ствола мозга: голубое пятно (норадренергическая система), базальные ганглии (холинергическая система), ядра шва (серотонинергическая система), и вентральный тегментум/ черная субстанция (дофаминергическая система). Модулирующая система мозга выполняет функцию регулирования процессов активации в составе различных видов деятельности. Она регулирует цикл бодрствование-сон, стадии и фазы сна, уровни и специфику функциональных состояний во время бодрствования, процессы внимания и памяти посредством локальных и генерализованных эффектов активации и инактивации [9]. В связи с тем, что восходящие модуляторные воздействия ствола мозга проецируются к основным центрам лимбической системы и запускают в ней «петли циркуляции», ряд авторов считают нейромодуляцию клеток лимбической системы наиболее важной в механизме реализации действия ЭЭГ-ОС. [10, 11]. Так, септальные ядра и гиппокамп содержат главные пейсмекеры лимбической системы (хотя клетки зубчатой извилины и энторинальной коры также являются осцилляторами) [12]. Восходящие модуляторные воздействия ствола мозга проецируются к пейсмекерам септальных ядер и в меньшей степени, к другим гиппокампальным направлениям, запуская главные петли циркуляции на уровне лимбической системы: септо-гиппокампальные петли и энторинальная кора - зубчатая извилина гиппокампа - энторинальная кора. Т.о. восходящая модуляция от ствола мозга к таламическим и лимбическим центрам приводит к переключению между состояниями, отношениями групп осцилляций и другими изменениями в циркуляции (в основном таламической и лимбической). [10, 11]. Кроме этого модуляторные системы, активируют глутаматергическую передачу сигналов, и таким образом принимают участие в инициации и поддержке долговременной потенциации (long-term potentiation, LTP), связанной с большей вероятностью реагирования нейрона на повторную стимуляцию. Примерами таких систем, способствующих формированию LTP, служат каскады сигнальных путей, использующие катехоламины (в основном, норадреналин и дофамин). Функция этих путей связана с эмоциональным подъемом, возбуждением, удовольствием и мотивацией. Присутствие подобных эмоций при обучении указывает на наличие активной кооперации между глутаматергическими и катехоламиновыми сигнальными системами. Подобное взаимодействие способно значительно увеличить эффективность обработки и сохранения информации. Таким образом, все биохимические и молекулярные преобразования, вызываемые обучением (или ЭЭГ-тренингом, который рассматривается как специфический тип обучения), в конечном

счете, ведут к синаптической реорганизации - увеличению размеров и количества активно работающих синапсов (рис. 1) [8].

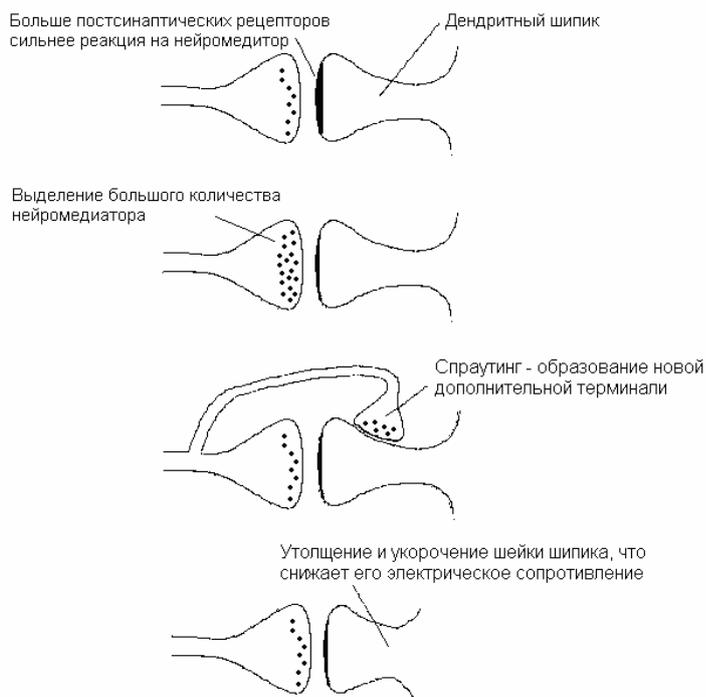


Рис. 1. Четыре возможных способа повышения эффективности синапса [13].

В соответствии с этим А.Абарбанал предлагает схему центров, вовлекаемых в ЭЭГ-ОС тренинг (рис. 2), отмечая, что для успешности тренинга необходимо добиться одновременного действия нейромодуляции и длительной потенциации, которые функционируют совместно в каждой рабочей сети [8]. Так, центры ствола мозга нейромодулируют таламические центры [14, 15] и могут индуцировать длительную потенциацию в гиппокампе [16]. Стимуляция гиппокампа, в свою очередь индуцирует длительную потенциацию в префронтальной коре [16, 17]. В тоже время, гиппокамп и другие лимбические центры могут оказывать нейромодуляторный контроль центров ствола мозга [10]. Долговременная потенциация в пирамидных нейронах вызывается одновременно стимуляцией от таламуса и сенсорных кортикальных нейронов [18], моторная кора стимулируется полисинаптической кортикальной стимуляцией [19], сенсорная кора стимулируется таламусом [20]. В конечном счете, стимуляция в переднем мозге может индуцировать кортикальную длительную потенциацию [20].

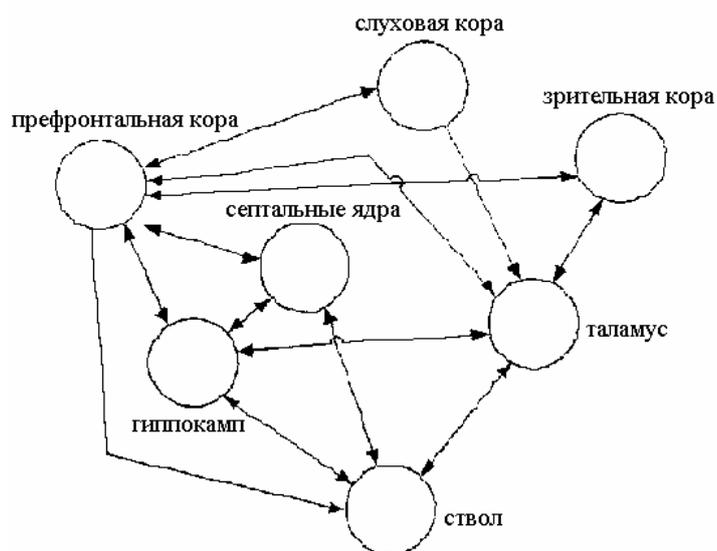


Рис. 2. Схема структур мозга, участвующих в реализации механизмов обратной связи по электроэнцефалограмме (по [8]).

Общие сведения о механизмах различных тренировок по электроэнцефалограмме. В основе разной эффективности биоуправления альфа-, бета-, тета- составляющими скорее всего лежат различные механизмы генеза и разное функциональное значение этих ритмов. [21]. Так, с точки зрения нейрофизиологических механизмов адаптивного регулирования, направленного как на усиление альфа-активности, так и на снижение бета- и тета-активности, лежит создание единого доминантного для данных условий процесса, направленного на мобилизацию естественных резервов мозга. Для осуществления этого процесса необходим определенный исходный уровень возбудимости и дестабилизации нервных процессов, на фоне которого легче происходит формирование нового функционального состояния ЦНС [21]. В тоже время, по поводу произвольной регуляции альфа-ритма ЭЭГ в литературе отмечается наибольшее число противоречивых данных [22]. Например, одни авторы считают более чувствительным к БОС обучению левое [23], тогда как другие - правое полушарие мозга [24]. Вместе с тем показано, что с помощью ЭЭГ-ОС можно успешно обучиться контролю и право-, и левостороннего доминирования альфа-ритма ЭЭГ [25].

В настоящее время широко используется биоуправление по сенсомоторному ритму (СМР). Стерман и соавт. [26] предположили, что СМР-тренинг может восстанавливать регулирующую функцию таламокортикальных механизмов, связанных с вниманием. Согласно нейрхимической модели М. Малоне [27], дофаминергическая система, связанная с работой левого полушария, участвует в поддержании тонической активации, активного внимания, контроле

последовательности действий и планировании движений; в то же время норадренергическая система, связанная с работой правого полушария, участвует в фазной активации, ориентировочной реакции, поддерживает состояние бдительности и организует сдвиги внимания в целом. Стратегия ЭЭГ-БОС теоретически направлена на поиск механизмов подавления клеточной гиперполяризации в таламических кругах, а практически – на увеличение частоты ритмической активности в ЭЭГ. Таким образом, для достижения этих изменений от пациента требуется постепенно научиться регулировать уровень возбуждения в таламо-кортикальных кругах путем сосредоточения внимания на сигнале обратной связи [28]. Стремление к получению положительного подкрепления, вначале, приводит к кратковременным изменениям в функциональном состоянии мозга. При повторяющемся облегчении нормальных взаимодействий в участвующих в тренинге нейронных кругах это упражнение может привести к прогрессивным и более устойчивым изменениям как функциональных, так и структурных характеристик [29].

Ряд авторов в процедурах ЭЭГ-ОС используют медленные потенциалы коры головного мозга, соответствующие ритмам ЭЭГ с частотой менее 1 Гц. Основанием для этого являются представления о том, что негативность таких медленных корковых биопотенциалов отражает повышенную возбудимость в нейронных структурах коры, коррелирующую с некоторыми функциональными расстройствами. Поэтому БОС-обучение пациентов произвольному снижению уровня этой негативности (повышению уровня позитивности) или приобретение навыков произвольного контроля амплитуды медленных потенциалов коры может являться средством подавления судорожной активности [30] и успешно использоваться при лечении эпилепсии [31], шизофрении [32] и мигрени [33].

Динамика альфа-составляющей при нейробиоуправлении в терминах нейронной доктрины. Динамику альфа-составляющей при нейробиоуправлении (и иных сопряженных с ней элементов ЭЭГ) можно интерпретировать в терминах нейронной доктрины, т.е. с точки зрения формирования новых (либо депрессию предшествующих) нейронных ансамблей, динамика и состояние которых собственно и определяют эффективность этой технологии в целом [34]. Понятие нейронного ансамбля в настоящее время является, по образному выражению А.Я. Каплана, едва ли не единственным «концептуальным мостом», с помощью которого исследователи пытаются решить проблему появления интегративных или системных свойств мозга в рамках нейронной доктрины [35, 36]. В динамике формирования и реорганизации нейронных ансамблей обнаруживаются признаки синхронной деятельности мозга [37]. Так, средняя амплитуда ЭЭГ в сегменте и его длительность могут отражать объем и «время жизни» нейронного ансамбля, амплитудная вариабельность – устойчивость межнейронной синхронизации в рамках ансамбля, а крутизна межсегментных переходов – скорость формирования или распада соответствующих ансамблей. Недавние исследования нейрональных механизмов синхронной работы мозга, проведенные В. Зингером, показывают, что к признакам синхронной деятельности мозга относят рост мощности и когерентности гамма-диапазона [37]. Базанова и др. [34] делают два предположения относительно

механизмов нейробиоуправления: первое – в случае «успешного» тренинга (оптимального психомоторного функционирования) происходит сокращение времени синаптической задержки в промежуточных интернейронах, контролирующим механизм и скорость синхронизации, выраженной в росте параметров амплитуды и когерентности [38], либо второе – оптимизируется синаптическая эффективность прямых таламо-кортикальных коммуникаций. Возможно, что в случае достижения успеха при психомоторной деятельности или успешного биоуправления одновременно функционируют оба эти механизма [34].

Резонансная теория нейротерапии. Теория резонансов Д.Ж. Любара объясняет динамику ритмической активности мозга системой резонансных возбуждений корково-подкорковых образований мозга [39]. Согласно представлениям Дж. Любара кортико-кортикальные связи представляют собой резонансные петли, генерирующие ЭЭГ-ритмы разных частот. Дж. Любар выделяет три типа резонансов. Первый тип – локальные (между соседними макропучками коры) ответственны за выработку высоко-частотного гамма-ритма. Предположительно в активации этих петель участвует ацетилхолин. Второй тип – зональные (между макропучками, отстоящими друг от друга на несколько сантиметров) - вырабатывают альфа-ритм. Предположительно в активации этих петель участвуют норадреналин (НА) и дофамин (ДА). Третий тип – глобальные резонансы (развиваются между далеко отстоящими областями) - ответственны за активность в пределах дельта- и тета – диапазонов. Предположительно в активации этих петель участвует серотонин (СТ) (рис. 3).

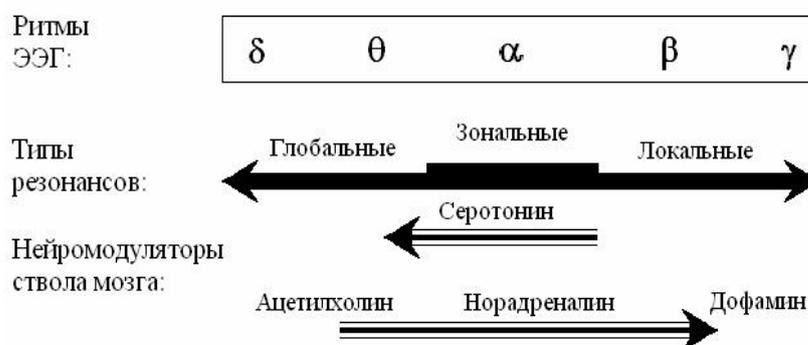


Рис. 3. Связь между различными неокортикальными резонансными формами и нейромодуляторами ствола мозга (по [39]).

Интересно то, что все три типа петель могут запускаться таламическими пейсмекерами или возникать самопроизвольно [39].

Таким образом, при работе коры головного мозга между неокортикальными клеточными ядрами возникают резонансные петли, которые определяют характерные частоты ЭЭГ и нередко запускаются пейсмекерами таламуса. Внутри коры, а также между корой и таламусом существуют сложные стимулирующие и тормозящие взаимодействия, которые дают возможность действовать этим петлям и

обеспечивают основу для обучения. Нейробиологическая обратная связь – это методика изменения этих резонансных петель, а, следовательно, изменения нейрофизиологической и неврологической основы обучения.

ЭЭГ-ОС и общая теория систем. ЦНС – система с большим числом равновесных, но изменчивых состояний. Устойчивость в пределах некоторого функционального уровня является динамическим процессом, поддерживающим параметры посредством гомеостатической регуляции, которые корректируют все внутренние флуктуации состояния ЦНС около среднего уровня. Сами флуктуации при этом являются источником управляющих сигналов, действующих по принципу обратной связи. ЦНС и другие регуляторные системы организма представляют собой контуры регулирования с обратной связью, которые в сумме и определяют текущее функциональное состояние [40]. Основным принципом общей теории систем является положение о том, что поведение системы определяется динамическим взаимодействием ее составных частей. В этом взаимодействии важная роль принадлежит обратным связям, которые стабилизируют выходные параметры (поведение) системы, корректируя сигналы, поступающие на ее вход. Каждая живая система реципрокно регулируется подсистемами и надсистемами с помощью множественных положительных и отрицательных обратных связей между частями системы [41].

Модифицированная блок-схема регуляторных связей между компонентами БОС представлена на рисунке 4.

Она состоит из двух частей. Внутренняя регуляторная цепь – I осуществляет природные механизмы регуляции через многочисленные прямые и обратные связи между структурами мозга, участвующими в генерации ЭЭГ и гипотетической функции (функции подлежащей регулированию, т.е. ЭЭГ).

Специфика БОС состоит в наличии дополнительной внешней регуляторной цепи – II (рис. 4), которая включает биотехническую систему и блок сенсорной рецепции. Представленная блок-схема демонстрирует главное различие между природными механизмами регуляции функций и механизмами БОС. Оно проявляется в том, что сигналы обратной связи поступают в ЦНС по разным адресам. Во внутренней цепи они адресуются центральным механизмам регуляции, тогда как во внешней – сознанию субъекта. Именно взаимодействие этих компонентов БОС будет определять его эффективность [22]. Можно предположить, что при ЭЭГ-ОС «обучаются» нейронные механизмы, регулирующие деятельность структур мозга ответственных за формирование характерного паттерна ЭЭГ. Вопрос эффективности биоуправления заключается в достижении оптимального соответствия регулируемой функции и метода регулирования (точки приложения обратной связи) с тем, чтобы максимально включить в работу центральные регулирующие механизмы данной функции [42].

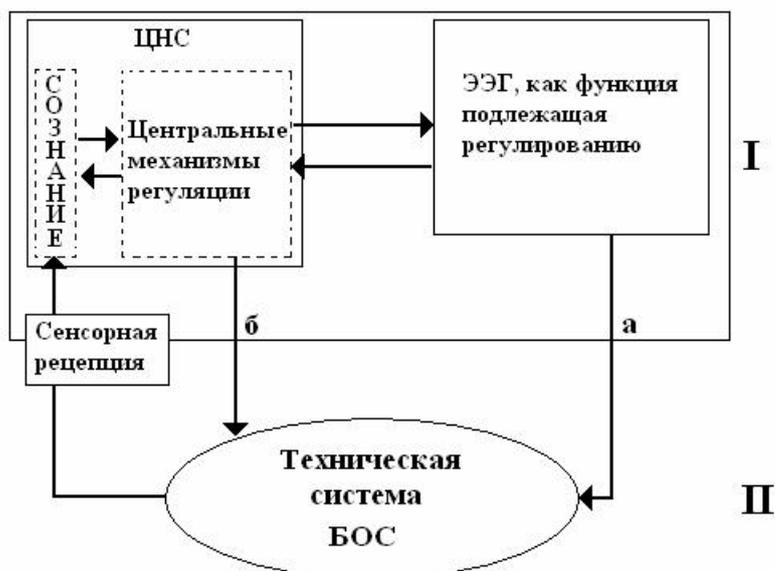


Рис. 4. Схема иерархических регуляторных связей ЭЭГ-ОС (по [22], с изменениями). а, б – регуляторные контуры БОС с замыканием цепи обратной связи: а – через параметры функции, подлежащей регулированию; б – через параметры центральных механизмов регуляции. Остальные обозначения в тексте.

#### ВЫВОДЫ

1. ЭЭГ-тренинг оказывает влияние на фундаментальные ритмические механизмы за счет изменения нейромодуляторных влияний ствола мозга, пластичности нейронных сетей и формирования новых нейронных ансамблей.
2. Меняя уровень и степень ЭЭГ-активности нейротренинг нормализует механизмы активации, за счет чего улучшает кортикальную стабильность.
3. В результате обучения управлением центральными механизмами регуляции сеансы обратной связи по электроэнцефалограмме приводят к стабилизации функционирования нервной системы в целом.

#### Список литературы

1. Кропотов Ю. Д., Гринь-Яценко В. А., Чутко Л. С., Яковенко Е. А., Пономарев В. А. Лечение детей с синдромом нарушения внимания с гиперактивностью при помощи метода ЭЭГ-биологической обратной связи // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2002. – Т. 47, № 3. – С. 37–40.
2. Штарк М.Б., Скок А.Б. Применение электроэнцефалографического биофидбека в клинической практике // Биоуправление-3: Теория и практика. – Новосибирск: ИМБК СО РАМН, 1998. – С. 131–141.
3. Egner T., Gruzelier J. H. EEG biofeedback of low beta band components: frequency-specific effects on variables of attention and event-related brain potentials // Clin. Neurophysiology. – 2004. – V. 115, № 1. – P. 131–139.

4. Linden M., Habib T., Radojevic V. A controlled study of the effects of EEG biofeedback on cognition and behavior of children with attention deficit disorder and learning disabilities // *Biofeedback and self-regulation*. – 1996. – V. 21, № 1. – P.35–49.
5. Федотчев А.И., Ким Е.В. Коррекция психоэмоциональных расстройств при беременности методом адаптивного биоуправления с обратной связью по ЭЭГ // *Физиология человека*. – 2006. – Т. 32, №6. – С. 28–32.
6. Lopes da Silva, F. Neural mechanisms underlying brain waves: from neural membranes to networks // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. – 1991. – V. 79, № 2. – P. 81–93.
7. Othmer S., Othmer S. F., Kaiser D.A. EEG Biofeedback: An Emerging Model for Its Global Efficacy // in *Introduction to Quantitative EEG and Neurofeedback*, James R. Evans and Andrew Abarbanel, editors. – Academic Press, San Diego, 1999. – P. 243–310.
8. Abarbanel A. Gates, states, rhythms and resonances: the scientific basis of neurofeedback training // *J. Neurotherapy*. – 1995. – V. 1. – P. 15.
9. Лиманский Ю.П. Рефлексы ствола головного мозга. – Киев: Наукова. Думка, 1987. – 240 с.
10. Derryberry D., Tucker D. M. The adaptive base of the neural hierarchy: elementary motivational controls on network function // *Nebraska Symposium on Motivation*. – 1990. – P. 289–342.
11. Isaacson, R. L. A perspective for the interpretation of limbic system function // *Physiological Psychology*. – 1980. – V. 8, №2. – P. 183–188.
12. Bland B. H., Colom, L. V. Extrinsic and Intrinsic Properties Underlying Oscillation and Synchrony in Limbic Cortex // *Progress in Neurobiology*. – 1993. – V. 41. – P. 157–208.
13. Lamprecht R., LeDoux J. Structural plasticity and memory // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2004. – №5. – P. 45–54.
14. Lopes da Silva F. H., Witter M. P., Boeijinga P. H., Lohman A. H. Anatomic Organization and Physiology of the Limbic Cortex // *Physiological Reviews*. – 1990. – V. 70, №2. – P. 453–511.
15. Serman B. Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implication for self-regulation// *Biofeedback and self-regulation*. – 1996. – V. 21, №1. – P. 3–33.
16. Doyere V., Burette F., Redini-Del Negro C., Laroche S. Long-term potentiation of hippocampal afferents and efferents to prefrontal cortex: implications for associative learning // *Neuropsychologia*. – 1993. – V. 31, № 10. –P. 1031–1053.
17. Laroche S., Jay T. M, Thierry A. M. Long-term potentiation in the prefrontal cortex following stimulation of the hippocampal CA1/subicular region // *Neuroscience Letters*. – 1990. – V. 114. – P. 184–190.
18. Iriki A., Pavlides C., Keller A., Asanuma H. Long-term potentiation in the motor cortex // *Science*. – 1989. – V. – 245. – P. 1385–1387.
19. Sutor B., Hablitz J.J. EPSPs in rat neocortical neurons in vitro. I. Electrophysiological evidence for two distinct EPSPs // *J Neurophysiol*. – 1989. – Vol 61, Iss. 3. – P. 607–620.
20. Lee S. M., Ebner F. F. Induction of high frequency activity in the somatosensory thalamus of rats in vivo results in long-term potentiation of response in SI cortex // *Experimental Brain Research*. – 1992. – V 90. – 253–261.
21. Черниговская Н.В., Святогор И.А. Эффективность электроэнцефалографического биоуправления при вегетососудистой дистонии и церебральном арахноидите // *Физиология человека*. – 1990. – Т. 16, №6. – С. 71–76.
22. Федотчев А.И., Бондарь А.Т., Ким Е.В. Адаптивное биоуправление с обратной связью и контроль функционального состояния человека // *Успехи физиологических наук*. – 2002. – Т. 33, №3. – С.79–96.
23. Костандов Э.А. Роль обратных связей в динамике функциональной асимметрии полушарий головного мозга человека // *Ж. ВНД*. – 1987. – Т. 37, № 4. – С. 625–633.
24. Derryberry D. Right hemisphere sensitivity to biofeedback // *Neuropsychologia*. – 1990. – V. 28, № 12. – P. 1261–1271.
25. Rosenfeld J.P., Cha G., Blair T., Gotlib I.H. Operant (biofeedback) control of left-right frontal alpha power differences: potential neurotherapy for affective disorders // *Biofeedback Self-Regul*. – 1995. – V. 20, № 3. – P. 241–258.
26. Serman M.B., Macdonald L.R., Stone R.K. Biofeedback training of the sensorimotor EEG rhythm in man: Effects on epilepsy // *Epilepsia*. – 1974. – V. 15. – P. 395.
27. Malone M.A., Kerchner J., Swanson J.M. Hemispheric processing and methylphenidate effects in attention-deficit hyperactivity disorder // *J. Child Neurology*. – 1997. – V. 9, № 2. – P. 181.

28. Гринь-Яценко В.А., Кропотов Ю.Д., Пономарев В.А., Чутко Л.С., Яковенко Е.А. Влияние биологической обратной связи по сенсомоторному ритму и бета-1 ритму ЭЭГ на параметры внимания // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 3. – С. 5–13.
29. Sterman M.B. Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implications for self-regulation // Biofeedback and Self-Regulation. – 1996. – V. 21. – P. 3.
30. Brody S., Harald R., Kohler F. Et al. Slow cortical potential biofeedback and the startle reflex // Biofeedback Self-Regul. – 1994. – V. 19, №1. – P. 1–11.
31. Rockstroh B., Elbert T., Birbaumer N. Et al. Cortical self-regulation in patients with epilepsies // Epilepsy Res. – 1993. – V. 14, №1. – P. 63–72.
32. Gruzeliier J. Self regulation of electrocortical activity in schizophrenia and schizotypy: a review // Clin. Electroencephalogr. – 2000. – V. 31, № 1. – P. 23–29.
33. Siniatchkin M., Hierundar A., Kropp P. Et al. Self-regulation of slow cortical potentials in children with migraine: an exploratory study // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. – 2000. – V. 25, №1. – P. 13–32.
34. Базанова О.М., Вережкин Е.Г., Штарк М.Б. Биоуправление в оптимизации психомоторной реактивности Сообщение II. Динамика сегментарных характеристик  $\alpha$ -активности // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, №6. – С. 44–49.
35. Каплан А.Я. Проблема сегментного описания ЭЭГ человека // Физиология человека. – 1999. – Т. 25, №1. – С. 125.
36. Джафарова О.А., Штарк М.Б. Компьютерные системы биоуправления: тенденции развития // Медицинская техника. – 2002. – Т. 1. – С. 34.
37. Nase G., Singer W., Monyer H., Engel A.K. Features of neuronal synchrony in mouse visual cortex // J. Neurosci. – 2003. – V. 90, № 2. – P. 1115.
38. Wespatat V., Tennigkeit F., Singer W. Phase sensitivity of synaptic modifications in oscillating cells of rat visual cortex // J. Neurosci. – 2004. – V. 13, Iss. 24, № 41. – P. 9067.
39. Lubar J.F. Neocortical dynamics: implication for understanding the role of neurofeedback and related techniques for the enhancement of attention // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 1997. – V. 22, № 2. – P. 111–126.
40. Бенгаланфи Л. Фон. Общая теория систем // Исследования по общей теории систем. – М., 1969. – С. 23–82.
41. Schwartz G.E. Disregulatory theory and disease: applications to the repression cerebral disconnection cardiovascular disorder hypothesis // Int. Rev. Appl. Psychol. – 1983. – V. 32, № 1. – P. 95–118.
42. Черниговская Н.В., Мовсисянц С.А., Тимофеева А.Н. Клиническое значение адаптивного биоуправления. – Л.: Медицина, 1982. – 128 с.

Фокина Ю.О., Павленко В.Б., Куличенко А.М. Возможні механізми дії біологічного зворотного зв'язку по електроенцефалограмі // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 107–116.

В огляді розглядаються основні гіпотези, що пояснюють механізми зміни електроенцефалограми при проведенні сеансів зворотного зв'язку. Робиться акцент на зміні нейромодуляторних впливів стовбура мозку, пластичність нейронних мереж і формування нових нейронних ансамблів.

Ключові слова: зворотній зв'язок по електроенцефалограмі, нейромодулятори, пластичність, тривала потенціалія, нейронний ансамбль.

Fokina J.O., Pavlenko V.B., Kylichenko A.M. The possible mechanisms of neurofeedback action // // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 107–116.

The basic hypotheses explaining mechanisms of encephalogram change at realization of neurofeedback séances are considered in a review. The accent is made on changes of neuromodulator brainstem influences, plasticity of neuronal networks and forming of new neuronal ensembles.

Keywords: neurofeedback, neuromodulators, plasticity, long-term potentiation, neuronal ensemble.

Пост упила в редакцію 10.04.2008 г.

УДК 612.822.014.46

## ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ ОТ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЦИКЛИЧЕСКОГО ГУАНОЗИНМОНОФОСФАТА

Хусаинов Д.Р., Кат юшина О.В., Хусаинова К.Р., Коренюк И.И.

Приведены результаты исследования зависимости быстрых электрических процессов от внутриклеточной концентрации цГМФ на нейронах ППа1, ППа2 и неидентифицированных клетках ВГ виноградной улитки. Выяснено, что активация гуанилатциклазы нитропруссидом натрия оказывает влияние на электрические процессы нервной клетки, в результате чего изменяется кинетика быстрых трансмембранных ионных токов, а также затрагивается система поддержания мембранного потенциала. Кроме того, выявлено, что влияние цГМФ зависит от специфических особенностей метаболизма различных клеток

Ключевые слова: нейрон, нитропруссид натрия, цГМФ, трансмембранные ионные токи.

### ВВЕДЕНИЕ

К настоящему моменту не остается сомнений в важной роли циклических нуклеотидов в обеспечении электрической активности нервных клеток. Наиболее изученным является цАМФ. При этом практически не исследована зависимость электрической активности от концентрации цГМФ, а результаты других исследователей достаточно противоречивы. Так, например, по мнению некоторых авторов [1] цГМФ, вообще, не является классическим вторичным посредником, поскольку увеличение его концентрации может происходить после возникновения биологического ответа или регистрируется одновременно с ним, что не типично для нейротрансмиттера, концентрация которого должна изменяться до наблюдаемого эффекта. Однако, В. А. Дятлов (1989) показал, что при инъекции цГМФ или аппликации нитропруссида натрия наблюдается имитация модулирующего влияния серотонина на ацетилхолин-индуцируемый хлорный ток [2]. Это расценивается как свидетельство воздействия серотонина посредством увеличения концентрации цГМФ. Кроме того, по мнению некоторых авторов, данный нуклеотид принимает участие в функционировании ионных каналов, регулирующих мембранный потенциал (МП). В частности полагают, что цГМФ вызывает гиперполяризационную фазу во время развития медленноволновых колебаний МП [3–11]. В тоже время, в литературе встречаются сведения, которые ставят под сомнение участие цГМФ в этом процессе [12, 13]. Поэтому в настоящей работе мы попытались выяснить зависимость быстрых электрических процессов от изменения внутриклеточной концентрации цГМФ и проследить возможные изменения МП.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на нейронах дорсальной поверхности подглоточного комплекса ганглиев брюхоногого легочного моллюска *Helix albescens* Rossm. Для исследования зависимости электрической активности от концентрации в клетке цГМФ мы использовали нитропруссид натрия – активатор гуанилатциклазы, увеличивающий внутриклеточную концентрацию цГМФ. Исследование проведено на нейронах ППа1, ППа2 и неидентифицированных клетках ВГ.

Внутриклеточное отведение биопотенциалов осуществлялось при комнатной температуре с использованием стандартных методических приемов, которые более подробно были описаны ранее [3–5].

Исследуемое вещество (нитропруссид натрия), разводилось до нужных концентраций стандартным раствором Рингера для холоднокровных. Для выяснения и описания изменений скорости нарастания трансмембранных ионных токов нервных клеток моллюска, при действии нитропрussa натрия, мы проводили анализ первой производной ПД.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Путем активации гуанилатциклазы нитропруссидом натрия, мы попытались выяснить, как зависит электрическая активность исследованных нейронов от увеличения внутриклеточной концентрации цГМФ. Обнаружено, что при аппликации нитропрussa натрия в концентрации  $10^{-5}$  М у всех исследованных нейронов наблюдалось увеличение амплитуды ПД (рис. 1). Так у ППа1 ( $n=12$ ) она возрастала в среднем на  $12,16 \pm 4,31$  мВ ( $p<0,05$ ) (рис. 1 - А), у ППа2 ( $n=10$ ) на  $5,2 \pm 1,56$  мВ ( $p<0,05$ ) (рис. 1 - Б), а у клеток ВГ ( $n=10$ ) на  $7,55 \pm 2,57$  мВ ( $p<0,05$ ) (рис. 1 - В). Кроме того, у нейронов ППа1 и ППа2 увеличивалась амплитуда следовой гиперполяризации на  $3,8 \pm 1,31$  мВ и на  $1,76 \pm 0,14$  мВ соответственно ( $p<0,05$ ) (рис. 1 - А, 2- Б). Следует отметить, что у ППа2 также наблюдалось достоверное увеличение МП на  $7,00 \pm 2,02$  мВ ( $p<0,05$ ) (рис. 1 - Б, 3). При увеличении концентрации нитропрussa натрия до  $10^{-4}$  М (а мы полагаем, что это приводит к усилению активирующего влияния нитропрussa натрия на гуанилатциклазу и, следовательно, происходит более интенсивный синтез цГМФ) у исследованных нейронов наблюдается достоверное изменение нескольких параметров электрической активности. Так у клетки ППа1 ( $n=10$ ) наблюдается увеличение амплитуды ПД на  $18,3 \pm 6,07$  мВ (рис. 1, 2 - А), следовой гиперполяризации на  $3,20 \pm 0,62$  мВ (рис. 2- А), а также увеличивается МП на  $7,40 \pm 1,8$  мВ (рис. 2 - А, 3) ( $p<0,05$ ); у ППа2 ( $n=10$ ) данные показатели составили –  $4,80 \pm 0,73$ ;  $1,13 \pm 0,25$  и  $15,08 \pm 5,37$  мВ соответственно ( $p<0,05$ ) (рис. 1, 2, 3). Для всех нейронов ВГ ( $n=10$ ) было характерным увеличение амплитуды и продолжительности ПД в среднем на  $3,85 \pm 1,37$  мВ и на  $1,87 \pm 0,69$  мс ( $p<0,05$ ) (рис. 1, 2), а остальные показатели электрической активности нейронов изменялись недостоверно.

Учитывая то, что в присутствии активатора гуанилатциклазы нитропрussa натрия изменяются параметры ПД можно считать, что цГМФ принимает участие в протекании быстрых электрических процессов нервной клетки и, вероятно, оказывает влияние на быстрые потенциалозависимые каналы. А изменение МП у

некоторых исследованных нейронов указывает на то, что этот нуклеотид может затрагивать функционирование систем дестабилизирующих МП.

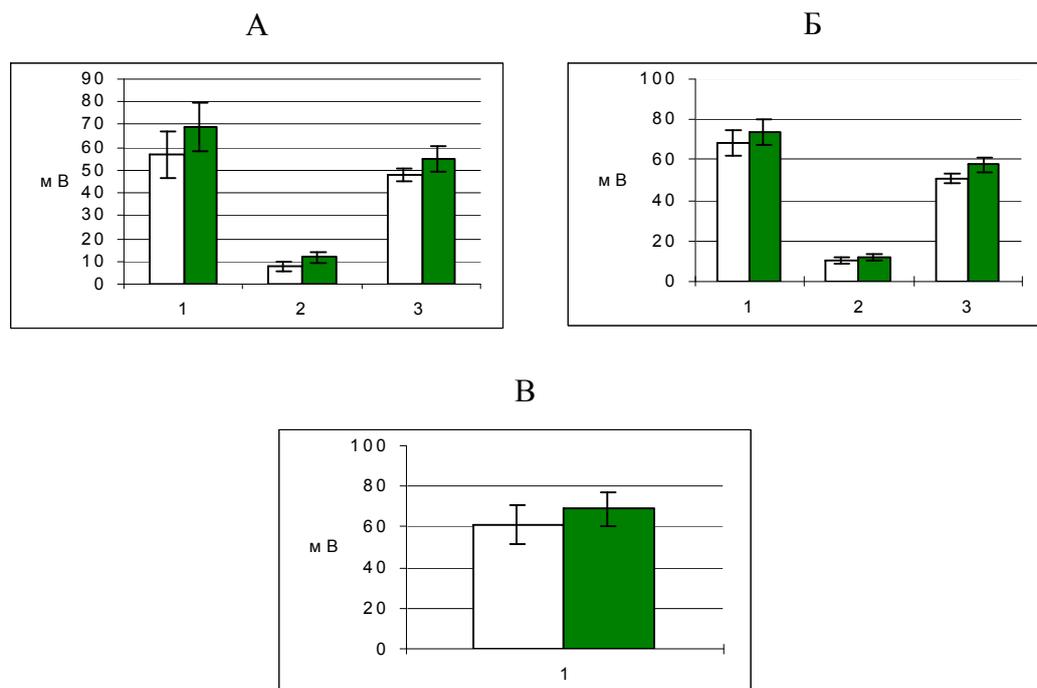


Рис. 1. Эффекты увеличения внутриклеточной концентрации цГМФ при активации гуанилатциклазы нитропруссидом натрия  $10^{-5}$  М, где А – реакция нейрона ППа1, Б – нейрона ППа2, В – нейронов ВГ. 1 – величина амплитуды ПД, 2 – амплитуды следовой гиперполяризации и 3 – значения МП. Фоновые показатели (□), в присутствии нитропруссиды натрия (■).

В связи с этим для выяснения и описания изменений скорости нарастания трансмембранных ионных токов нервных клеток моллюска, при действии нитропруссиды натрия, мы проводили анализ первой производной ПД. В результате было выяснено, что в присутствии нитропруссиды натрия ( $10^{-5}$  М) в растворе, омывающем препарат нервной системы улитки, у всех исследованных нейронов наблюдается достоверное увеличение как входящего, так и выходящего суммарных ионных токов (рис. 3, А). Величина этого усиления была следующей: у клетки ППа1 входящий и выходящий ионные токи возрастали на  $3,6 \pm 1,09$  В/с и на  $2,33 \pm 0,78$  В/с ( $p < 0,05$ ), у ППа2 на  $2,07 \pm 0,61$  В/с и на  $1,34 \pm 0,29$  В/с ( $p < 0,05$ ), а у нейронов ВГ на  $7,52 \pm 1,94$  В/с и на  $5,61 \pm 1,97$  В/с соответственно ( $p < 0,05$ ). При увеличении концентрации нитропруссиды натрия до  $10^{-4}$  М (Б) входящие и выходящие ионные токи увеличивались у ППа1 на  $3,55 \pm 0,8$  В/с и на  $4,62 \pm 2,93$  В/с ( $p < 0,05$ ), у ППа2 на  $2,94 \pm$  В/с и на  $2,77 \pm 0,92$  В/с ( $p < 0,05$ ), а у клеток ВГ на  $3,18 \pm 1,00$  и на  $3,5 \pm 1,48$  В/с соответственно ( $p < 0,05$ ). При отмывании нитропруссиды натрия в обеих

концентрациях, через 30 минут от его начала, параметры электрической активности нейронов достоверно отличались от фоновых.

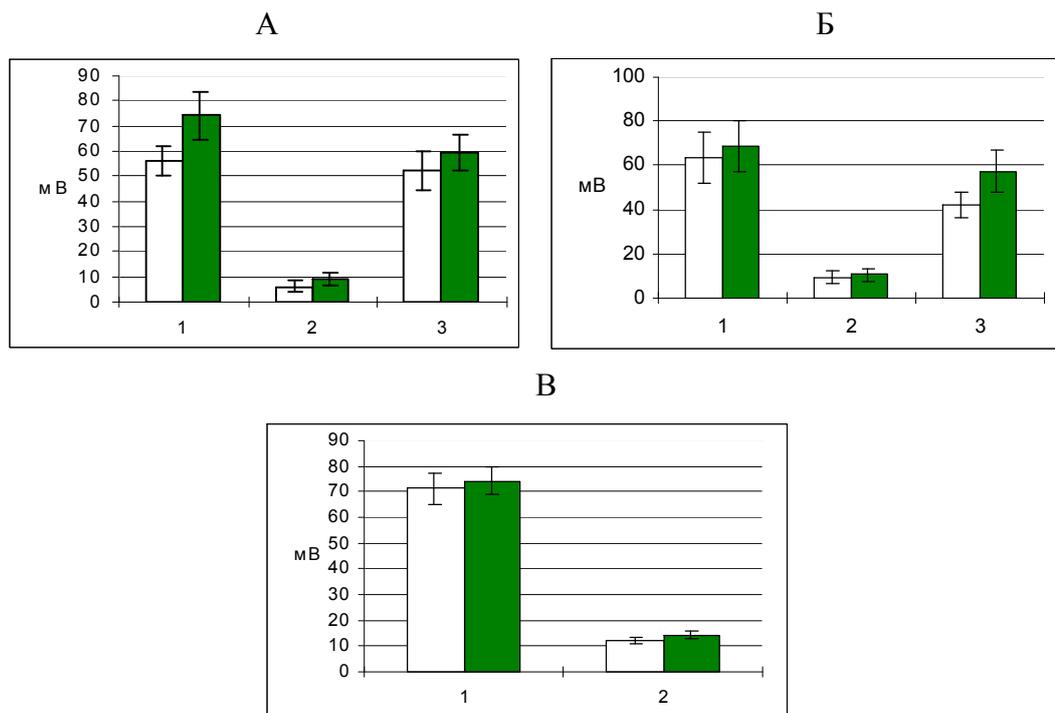


Рис. 2. Эффекты увеличения внутриклеточной концентрации цГМФ при активации гуанилатциклазы нитропруссидом натрия  $10^{-4}$  М.

Обозначения те же, что и на рис. 1, кроме В, где 2 – длительность ПД.

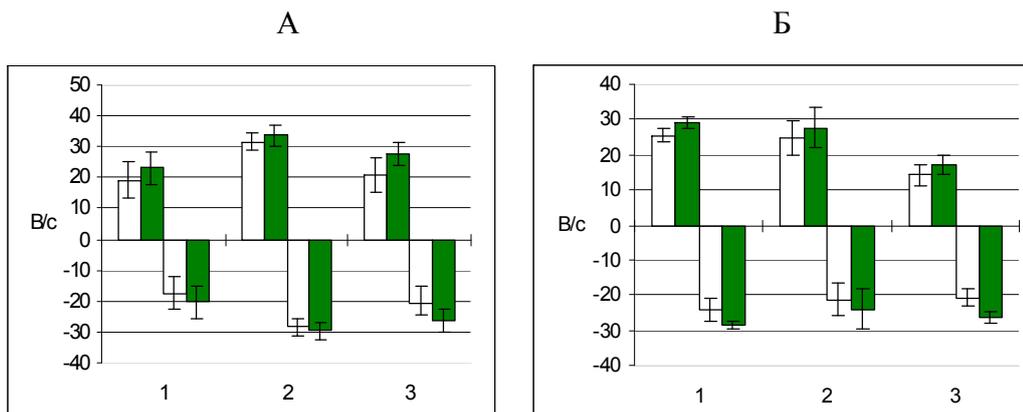


Рис. 3. Увеличение входящих и выходящих трансмембранных ионных токов нейронов при активации гуанилатциклазы нитропруссидом натрия (А –  $10^{-5}$  М, Б –  $10^{-4}$  М)

Фоновые показатели (□), в присутствии нитропрусида натрия (■). 1 – величина ионных токов у нейрона ППа1, 2 – у ППа2 и 3 – у неидентифицированных клеток ВГ. На условно отрицательной шкале показано изменение выходящих ионных токов.

Исходя из полученных результатов можно заключить, что наблюдаемые, при активации гуанилатциклазы, увеличение амплитуды ПД и следовой гиперполяризации связаны с усилением трансмембранных ионных токов. А развивающаяся у отдельных нейронов гиперполяризация мембраны указывает на то, что цГМФ оказывает влияние не только на быстрые процессы, но также затрагивает и медленные ионные токи, участвующие в поддержании МП. На наш взгляд наиболее вероятной причиной увеличения МП является то, что цГМФ стимулирует выход калия из клетки.

Однако, у некоторых нейронов ВГ увеличение внутриклеточной концентрации цГМФ (3 нейрона при действии нитропруссидом натрия в концентрации  $10^{-5}$  М и 2 клетки – в концентрации  $10^{-4}$  М) не вызывало достоверного изменения параметров ПД и скорости нарастания трансмембранных ионных токов. Мы склонны думать, что это связано с индивидуальной чувствительностью нервных клеток к цГМФ и с различным уровнем вовлеченности его молекулы в многообразные внутриклеточные процессы.

В целом мы выяснили, что активация гуанилатциклазы нитропруссидом натрия оказывает влияние на электрические процессы нервной клетки, в результате этого изменяется кинетика быстрых трансмембранных ионных токов, а также затрагивается система поддержания МП. Следовательно, можно полагать, что цГМФ в действительности оказывает влияние на развитие ПД и у некоторых клеток может вызывать гиперполяризацию мембраны. Необходимо отметить, что, в данном случае, цГМФ действует антагонистически по отношению к цАМФ, который приводит к деполяризации мембраны. И, кроме того, полученные результаты свидетельствуют о том, что влияние цГМФ зависит от специфических особенностей метаболизма различных клеток.

#### ВЫВОДЫ

1. Активация гуанилатциклазы нитропруссидом натрия оказывает влияние на электрические процессы нервной клетки, в результате этого изменяется кинетика быстрых трансмембранных ионных токов, а также затрагивается система поддержания МП.
2. цГМФ является антагонистом цАМФ, вызывая в отличие от него гиперполяризацию мембраны.
3. Влияние цГМФ зависит от специфических особенностей метаболизма различных клеток.

#### Список литературы

1. Теппермен Дж., Тепперман Х. Физиология обмена веществ и эндокринной системы.– Москва: «Мир», 1989.– 653 с.
2. Кононенко Н. И. Модуляция эндогенной активности пачечного нейрона виноградной улитки // Нейрофизиология. -1977. - Т.9, №6. - С. 606-6
3. Дятлов В. А. Модуляция серотонином ацетилхолин-индуцируемых токов в нейронах моллюска, зависящая от циклического гуанозинмонофосфата // Нейрофизиология. – 1989 – Т. 21, № 6 – С. 845-849

4. Коваль Л.М., Кононенко Н.И. Новые идентифицируемые нервные клетки виноградной улитки *Helix pomatia*, связанные с генерацией ритмоводящей активности. // Журнал высш. нерв. деят. – 1992. – Т. 42. – Вып. 6. – С. 1124–1131.
5. Кононенко Н.И., Костюченко О.В. Механизмы генерации ритмоводящей активности в идентифицированных нейронах виноградной улитки // Нейрофизиология. –2001. –Т.33, №1. –С.46-54.
6. Костюченко О.В., Коренюк И.И. Эндогенная пейсмекерная активность изолированных нейронов моллюска // Ученые записки ТНУ. -2000. -Т.2, №13.-С. 35-42.
7. Комендантов А.О., Кононенко Н.И. Кофеининдуцированные осцилляции мембранного потенциала в нейронах апализии // Нейрофизиология / Neurophysiology –2000. –Т.32, №2. –С.102-111.
8. Кононенко Н. И. Влияние теофеллина на электрическую активность идентифицированных нейронов виноградной улитки // Нейрофизиология. –1981. – Т.13, №1. – С. 70-76
9. Кононенко Н. И. Влияние теофеллина на электрическую активность нейрона ППа2 виноградной улитки // Нейрофизиология. -1981. -Т. 13, №6-С. 655-658
10. Кононенко Н. И., Осипенко О. Н. Влияние ионов кадмия на пачечную электрическую активность идентифицированного нейрона виноградной улитки // Нейрофизиология. – 1983. –Т.15, №3. – С. 307-313.
11. Кононенко Н.И. Влияние теофиллина на электрическую активность пачечного типа в идентифицированном нейроне виноградной улитки // Нейрофизиология. -1981. – Т. 13, №1.-С.75-79.
12. Костюк П. Г. Исследование метаболической зависимости функции ионных каналов в мембране нервной клетки // Нейрофизиология. -1984.– Т. 16, №3. -С. 286-296
13. Либерман Е. А., Минина С. В., Шкловский-Корди Н. Е. Ионные токи через мембрану нейрона при инъекции циклических нуклеотидов // Биофизика. - 1982 - Т.27 - №3 - С. 542 – 545

Хусаинов Д.Р., Коренюк И.И., Кат юшина О.В., Хусаинова К.Р. Залежність електричної активності нейронів виноградного равлика від внутріклітинної концентрації циклічного гуанозинмонофосфата // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 117-121.

Приведені результати дослідження залежності швидких електричних процесів від внутрішньоклітинної концентрації цГМФ у нейронів ППа1, ППа2 і неідентифікованих клітин ВГ виноградного равлика. З'ясовано, що активація гуанілатциклази нітропруссидом натрію впливає на електричні процеси нервової клітини, внаслідок цього змінюється кінетика швидких трансмембранних іонних струмів, а також система підтримки МП. Крім того виявлено, що вплив цГМФ залежить від специфічних особливостей метаболізму різних клітин.

Ключові слова: нейрон, нітропруссид натрію, цГМФ, трансмембранні іонні струми.

Husainov D.R., Korenyuk I.I., Katyushina O.V., Husainova K.R. Dependence of electric activity of neurons snail from incell concentration of cyclic guanozinmonofosfat // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 117-121.

The articles is about of dependence fast electrical processes from incell concentration cGMF of neurons RPa1, RPa2 and not identified cell of VG. Was found, that the increase of concentration cGMF renders influence on electrical processes of a nervous cell, therefore changes kinetic fast transmembrane currents, and also the system of maintenance MP is mentioned. Also is revealed, that the influence cGMF depends on specific metabolism of various cells.

Keywords: neuron, nitroprussid sodium, cGMF, transmembrane currents.

Пост упила в редакцию 20.02.2008 г.

УДК 612.014

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ

Чуян Е.Н., Бирюкова Е.А., Раваева М.Ю.

Статья посвящена обоснованию эффективности применения системы комплексного компьютерного исследования «Омега-М» для экспресс-диагностики функционального состояния студентов. Установлена высокая эффективность применения комплекса «Омега-М» для оценки функционального состояния организма на различных уровнях регуляции (вегетативном, нейро-гуморальном, центральном), адаптационных возможностей и функциональных резервов организма студентов.

Ключевые слова: варибельность ритма сердца, кардиоритмограмма, индекс напряженности, нормотоники, симпатотоники, ваготоники.

### ВВЕДЕНИЕ

Исследование функционального состояния человека занимает приоритетное место в современной науке. Однако, несмотря на многочисленные исследования в данной области, до сих пор нет ни одной унифицированной методики и критериев для качественной оценки функционирования организма человека. Существующие в настоящее время методы исследования функционального состояния человека являются либо недостаточно эффективными, либо высокоспецифичными к какому-либо одному состоянию организма. Работу исследователя ограничивает еще и тот факт, что значительная часть методов характеризуется узко направленным спектром выявляемой информации и, в большинстве случаев, невозможностью интегрального суждения о состоянии организма в целом. Важное место занимает поиск чувствительных скрининговых методов диагностики общего функционального состояния человека. Особый интерес представляет извлечение информации о физиологическом состоянии организма посредством выявления интегральных характеристик отдельных биологических сигналов с их последующей обработкой и выделением соответствующих алгоритмов. Эта возможность вытекает из представлений об информационном единстве внутриорганизменных связей, что дает основание использовать биологические сигналы для интегрального суждения не только о состоянии конкретного органа, являющегося источником данного сигнала, но и о состоянии иных органов, систем органов и организма как единого целого [1].

Перспективным методом изучения механизмов регуляции физиологических функций организма человека является оценка варибельности ритма сердца (ВРС). Математический анализ ВРС с применением методов автокорреляционного, фрактального, факторного и спектрального анализов лежит в основе нового комплексного компьютерного исследования функционального состояния организма

человека «Омега-М» («Динамика» Санкт-Петербург). Теоретическую основу данной технологии составляют представления об информационных взаимосвязях клеточных образований, органов и систем органов, обеспечиваемых не только системами регуляции и иммунитета, но и электромагнитно-частотными колебаниями и биологическими ритмами структур организма. «Омега-М» отвечает всем требованиям, предъявляемым к системам регистрации и анализа ВРС, и имеет ряд преимуществ: наличие скрининг диагностики, позволяющей в динамике контролировать изменение функционального состояния испытуемых, программы картирования биоритмов мозга путем сплайн-интерполяции, программы «фрактальной нейродинамики», которая позволяет судить о состоянии вегетативного тонуса, адаптации, энергетического баланса, центральной нервной системы [2]. Данная программа позволяет автоматически рассчитывать интегральные количественные критерии, свидетельствующие о качестве здоровья человека [3].

Подобный программный комплекс с 2000 г. используется в клинике для скрининг-диагностики внутренних заболеваний (острая пневмония, язвенная болезнь, острый бронхит, ишемическая болезнь сердца, гипертоническая болезнь, дефицит массы тела и др.) и оценки эффективности лечебно-профилактических мероприятий в системе [4]. Применение программно-аппаратного комплекса показало его высокую диагностическую и экономическую эффективность в клинической практике. Однако любая патология, зарождаясь задолго до появления органических изменений в организме, проходит доклинические (функциональные) этапы своего развития. Поэтому представляется целесообразным применение комплекса «Омега-М» для оценки функционального состояния здоровых людей, в частности студентов.

В связи с этим, целью настоящего исследования явилось обоснование эффективности применения программного комплекса «Омега-М» для экспресс-диагностики функционального состояния студентов.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 50 студентов-волонтеров в возрасте 20-22 года, условно здоровых, не имеющих хронических заболеваний. Исследование проводилось в утренние часы в тихом, хорошо проветриваемом помещении с постоянной температурой  $+20 - +22\text{ C}^0$ . Перед началом исследования испытуемым давали время расслабиться, успокоиться. Работу начинали с регистрации ЭКГ сигнала в первом стандартном отведении с помощью системы комплексного компьютерного исследования функционального состояния человека «Омега-М» производства научно-исследовательской лаборатории «Динамика» г. Санкт-Петербург. Регистрацию проводили в положении сидя при спокойном дыхании в течение 3-5 минут, то есть времени, необходимого для набора 300 кардиокомплексов.

Главная идея используемой методики заключена в том, что любые вегетативные функции, будь-то ритмическая активность сердца, изменение температуры, колебание уровня сахара и так далее, содержат в себе всю полноту информации о протекании данных процессов на всех уровнях управления ими. И что важнее, в них будет отражаться функция всего организма в целом [5]. Поэтому,

использованный в системе анализ электрокардиосигнала – удобная модель для получения всей полноты информации о функциональном состоянии организма.

При анализе ритмов сердца возможно получение информации с 4-х уровней управления:

1. периферического или автономного – отражает состояние регуляции сердечной деятельности на уровне сердца;
2. вегетативного – отражает соотношение симпатических и парасимпатических влияний на уровне выше периферического и до центров вегетативной иннервации в продолговатом мозге;
3. гипоталамо-гипофизарного – отражает состояние высших вегетативных центров, которые объединяют в себе регуляцию обоих отделов вегетативной нервной системы (ВНС). На этом уровне будет проявляться двоякая природа регуляции: нервная и гуморальная - в силу двуединой природы клеток гипоталамуса, являющихся нервными и секретирующими одновременно;
4. центрального – отражает регуляцию функций организма со стороны нейрогуморальной системы и осуществляет связь организма как единого целого с условиями окружающей среды, то есть, адаптационные перестройки организма[4].

Для аппаратно-программной реализации метода из электрокардиосигнала выделяют 5 ритмов. В каждом из них определяются волны первого порядка, представляющие собой огибающие этих ритмов. Последующая нейродинамическая обработка этих ритмов – это преобразование сигналов в кодовую комбинацию по двоичному основанию, состоящую из последовательности импульсов, все параметры которых одинаковы (рис 1).

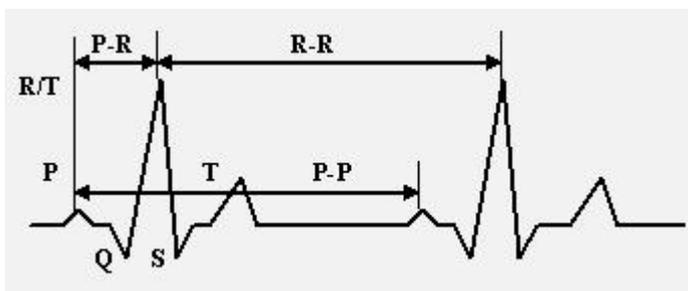


Рис. 1. Нейродинамический метод обработки ритмограммы.

Методически такой алгоритм позволяет получить в реальном масштабе времени одномоментную информацию о состоянии организма человека со всех основных уровней регуляции на примере анализа ритмической активности сердца.

Корректный и адекватный биобибернетический подход к анализу электрокардиосигналов позволяет определить уровень гипоталамической регуляции, уровень консолидации не только вегетативной, но и эндокринной сферы; оценить биоритмическую активность мозга, которая по определению должна быть сопряжена с ритмической активностью сердца, без чего немыслима системная организация [5]. Колебания длительности интервалов между кардиоциклами, обусловленные нейрогуморальными влияниями, адекватно отражают общее

(текущее) функциональное состояние организма и могут использоваться для разработки тактики и прогнозирования динамики изменения функционального состояния испытуемых. Помимо этого ВРС позволяет дать количественную оценку уровня адаптации и функциональных резервов организма, оценить вклад центральной и вегетативной регуляции в работу сердечно-сосудистой системы, дать характеристику симпато-парасимпатического баланса отделов ВНС.

Известно, что оценка сердечного ритма и тонуса вегетативной нервной системы по Р.М. Баевскому дает возможность судить об уровне функциональной адаптации, а варианты дезадаптации организма могут иметь связь с патогенетическими механизмами многих патологических синдромов и заболеваний (и не только сердечно-сосудистых) [6]. В свою очередь, уровень адаптации организма в целом должен быть тесно связан с состоянием гипоталамо-гипофизарного уровня регуляции. Благодаря проведению фрактального анализа ритмограмм сердца возможно выделить эту связь и закономерно перейти от одного ритмического процесса (ритмограмма сердца) к другому (ритмограмма мозга) [5].

В целом для оценки функционального состояния человека с помощью аппаратного комплекса «Омега-М» возможно использование следующих методов:

- методы временного анализа ВРС (статистические и геометрические);
- нелинейные методы анализа ВРС (анализ корреляционной ритмографии; автокорреляционный анализ);
- вариационной пульсометрии по Р.М. Баевскому;
- анализ волновой структуры сердечного ритма (спектральный анализ);
- нейродинамический и фрактальный анализы;
- картирование биоритмов мозга.

Статистические методы применялись для количественной оценки ВРС в данный промежуток времени и базировались на статистическом анализе измерений длительности последовательных R-R интервалов между нормальными синусовыми кардиоциклами [7]. С помощью геометрических методов анализа ВРС осуществляли построение и анализ гистограмм распределения интервалов R-R.

К методам корреляционной ритмографии относится графическое отображение последовательных пар кардиоинтервалов (предыдущего и последующего) в двумерной координатной плоскости. При этом по оси абсцисс откладывается величина  $R-R$ , а по оси ординат величина  $R-R_{n+1}$ . График и область точек, полученных таким образом, называется скатерограммой.

Вариационный анализ, использующий данные, полученные геометрическими методами и методами корреляционной ритмографии, применяли для расчета интегральных характеристик активности центрального и автономного контура регуляции

Автокорреляционный анализ основан на построении автокорреляционной функции динамического ряда кардиоинтервалов.

В спектральном анализе использовано преобразование Фурье функции  $R-R(t)$ . Применяется для выявления периодичности ряда кардиоинтервалов. Физический смысл спектрального анализа состоит в разделении на отдельные составляющие суммарного времени процесса, полученного в результате сложения или вычитания амплитуд этих составляющих [5].

Нейродинамический анализ позволяет извлечь из R-R ритмограмм фракталы, т.е. фрагменты, содержащие исчерпывающую информацию о характере данного ритмического процесса. Интерполяция полученных данных в программу картирования биоритмов мозга позволяет построить сплайн-карты активности мозга испытуемых.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ «Омега-М» («Динамика» г. Санкт-Петербург) и «Статистика 6.0». Достоверность различий полученных данных определяли с помощью критерия Стьюдента.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ ВРС студентов-волонтеров позволил сформировать динамический ряд значений, которые визуально отображались в виде кардиоинтервалограммы (ритмограммы) (рис. 2), т.е. о графического представления последовательного временного ряда межсистолических интервалов в виде отрезков прямой линии, эквивалентных по длине продолжительности пауз между сокращениями сердца [7]. Ритмограмма отображает зависимость длительности R-R интервалов от номера цикла измерения.

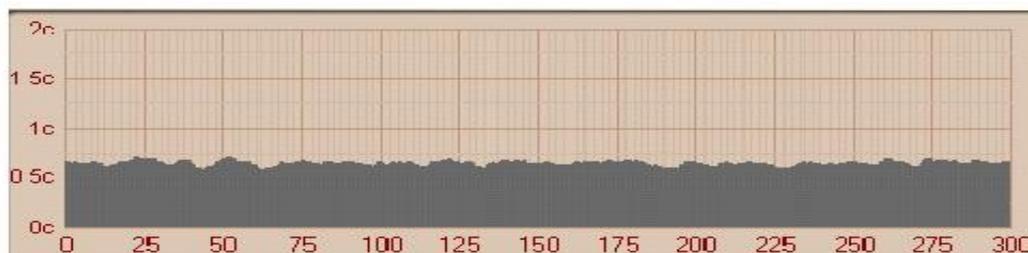


Рис 2. Пример записи кардиоритмограммы у испытуемого К. (По оси абсцисс – номер цикла измерения, по оси ординат – время (с)).

В результате анализа ритмограммы методом вариационной пульсометрии у испытуемых студентов в относительно спокойный учебный день семестра установлена высокая вариабельность индекса напряженности (ИН) (табл. 1). Известно [7], что ИН чрезвычайно чувствителен к усилению тонуса симпатической нервной системы. Небольшая нагрузка (физическая или эмоциональная) увеличивают ИН в 1,5-2 раза. При значительных нагрузках он возрастает в 5-10 раз. В соответствии с Международным стандартом [8] в норме ИН колеблется в пределах от 50 до 200 условных единиц. Анализ значений ИН позволил всех испытуемых разделить на 3 группы: ваготоники – 26% ( $ИН \leq 50$  усл.ед), нормотоники – 50% ( $50 \leq ИН \leq 200$  усл.ед), и симпатотоники – 24% ( $ИН \geq 200$  усл.ед) (табл. 1). Как показали результаты исследования, остальные показатели вариационной пульсометрии имели достоверные отличия у испытуемых выделенных групп (табл. 1).

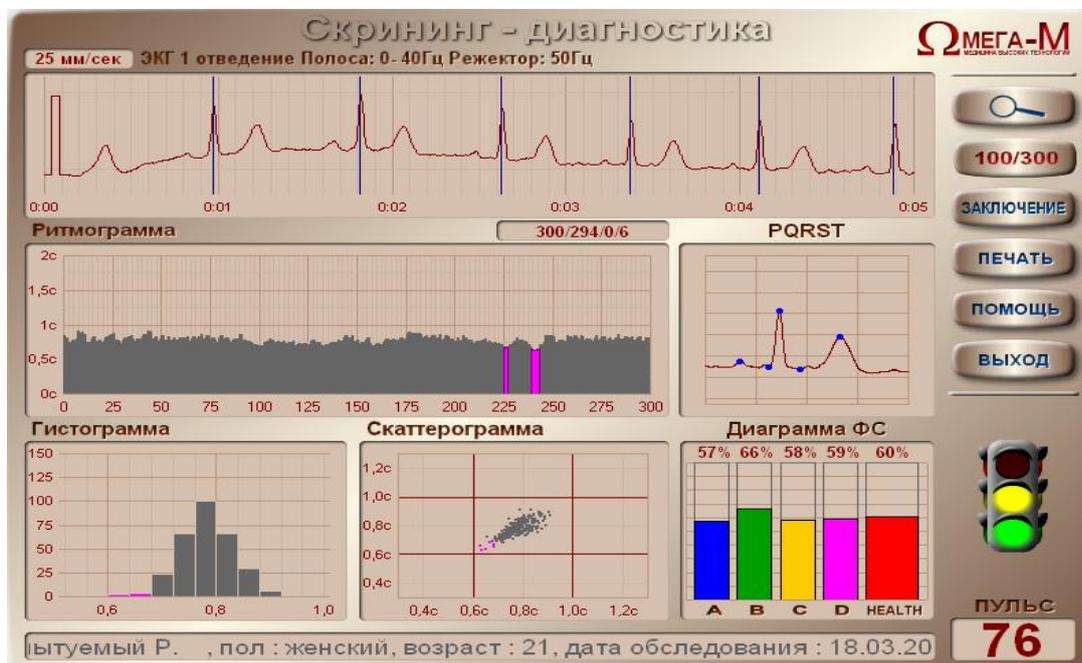
Таблица 1.  
Показатели вариационной пульсометрии у испытуемых выделенных групп  
( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Показатель	Физиологический смысл	Группы		
		Нормотоники (I) n=25	Симпатотоники (II) n=13	Ваготоники (III) n=12
Индекс напряженности (ИН= $A_{Mo}/2\Delta X * Mo$ )	Отражает степень централизации управления сердечным ритмом. Суммарная характеристика гистограммы распределения R-R интервалов.	105,27±6,88 $p_{II}<0,01$ , $p_{III}<0,001$	346,81±53,35 $p_I<0,01$ , $p_{III}<0,01$	46,17±4,71 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,01$
Мода (Mo)	Диапазон значений наиболее часто встречающихся кардиосигналов. Указывает на вероятный уровень функционирования системы кровообращения (синотриального узла).	748,33±15,74 $p_{II}<0,001$ , $p_{III}<0,01$	657,14±20,81 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,001$	852,31±40,86 $p_I<0,01$ , $p_{III}<0,001$
Среднее значение интервалов	Отражает конечный результат всех регуляторных влияний на сердце и систему кровообращения.	769,91±13,63 $p_{II}<0,01$ , $p_{III}<0,01$	678,36±20,55 $p_I<0,01$ , $p_{III}<0,001$	866,96±35,89 $p_I<0,01$ , $p_{III}<0,001$
Индекс вегетативного равновесия (ИВР= $A_{Mo}/\Delta X$ )	Указывает на соотношение активностей симпатического и парасимпатического отделов ВНС.	155,67±9,13 $p_{II}<0,01$ , $p_{III}<0,001$	422,27±45,27 $p_I<0,01$ , $p_{III}<0,01$	77,26±7,11 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,01$
Вегетативный показатель ритма (ВПР= $1/Mo * \Delta X$ )	Указывает на вегетативный баланс, но с точки зрения автономного контура.	0,31±0,01 $p_{II}<0,001$ , $p_{III}<0,01$	0,21±0,01 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,001$	0,38±0,02 $p_I<0,01$ , $p_{III}<0,001$
Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР= $A_{Mo}/Mo$ )	Отражает соответствие между активностью симпатического отдела ВНС и ведущим уровнем функционирования синотриального узла.	47,15±2,14 $p_{II}<0,001$ , $p_{III}<0,001$	83,59±7,05 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,001$	28,22±2,23 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,001$
Амплитуда моды (Amo)	Число R-R, соответствующих значению Mo; Отражает эффект управления ритмом сердца, в основном симпатического звена ВНС.	34,84±1,27 $p_{II}<0,001$ , $p_{III}<0,001$	52,43±2,54 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,001$	23,60±1,67 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,001$
Вариационный размах (dX)	Разность максимальных и минимальных значений кардиосигналов.	232,21±6,58 $p_{II}<0,05$ , $p_{III}<0,001$	136,29±6,27 $p_I<0,05$ , $p_{III}<0,001$	314,38±9,81 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,001$
Среднеквадратичное отклонение (СКО)	Указывает на суммарный эффект влияния на синусовый узел симпатического и парасимпатического отделов ВНС.	46,38±1,81 $p_{II}<0,01$ , $p_{III}<0,001$	26,00±1,4 $p_I<0,01$ , $p_{III}<0,001$	68,56±3,24 $p_I<0,001$ , $p_{III}<0,001$

Примечание:  $p_{I-III}$  — достоверность по критерию Стьюдента при сравнении значений в группах испытуемых, обозначенных I-III соответственно.

Использование геометрических методов анализа ВРС совместно с методами корреляционной ритмографии позволило получить гистограммы и скатерограммы для трех выделенных групп испытуемых. Выявлено, что у испытуемых со средними значениями индекса напряженности (нормотоников) преобладал первый тип гистограмм (рис. 3-А), у симпатотоников - второй тип гистограмм (рис. 3-Б), а у ваготоников – третий тип (рис.3-В).

А



Б



В



Рис. 3. Интерфейс программы скрининг-диагностики. А - для испытуемого Р., – нормотоника; Б – гистограмма и скатерограмма симпатотоника; В – ваготоника.

Первый тип гистограмм указывает на переходный процесс между преобладанием тонуса симпатического и парасимпатического отделов ВНС [3, 8]. Высокая степень вариативности R-R интервалов указывает на относительно слабую централизацию управления сердечным ритмом, то есть на преобладание автономного контура регуляции.

Второй тип гистограмм характеризует избыточность симпатических влияний. Тот факт, что все значения кардиоинтервалов размещались в четырех диапазонах гистограммы (рис. 3-Б), означает высокую степень мобилизации системы кровообращения и высокий уровень ее функционирования у испытуемых, отнесенных к группе симпатотоников. Третий тип указывает на преобладание тонуса парасимпатического отдела ВНС (рис. 3-В).

Аналогичную картину распределения наблюдали по отношению к типам скатерограмм. Так у испытуемых – симпатотоников (рис. 3-Б) выявлено более плотное скопление точек в паттерне скатерограмм, чем у испытуемых первой (рис. 3-А) и третьей (рис. 3-В) групп. Точки в скатерограмме ваготоников имели наибольшую разобщенность и занимали большую площадь (рис. 3-В). Известно [2] что зажатость облака скатерограммы может свидетельствовать о преобладании симпатического отдела ВНС, напротив значительный разброс точек скатерограммы говорит о преобладании влияний блуждающего нерва на синусовый узел и, следовательно, активации парасимпатической нервной системы.

Проведение спектрального анализа модуляционных характеристик биоэлектрических сигналов показало статистически достоверные различия мощности спектров между группами испытуемых.

У нормотоников наблюдалось преобладание высокочастотного LF (65%) над низкочастотным компонентом HF (35%) спектра, у симпатотоников регистрировали значительно большее преобладание LF компонентов спектра над HF (табл. 2) в соотношении 74:26%, а ваготоники напротив характеризовались преобладанием HF компонента над LF (54:46%). Известно, что основной составляющей HF компонента спектра является вагусная активность [2], тогда как LF компонент является количественным маркером симпатической модуляции. [8]. Таким образом, данные о преобладании LF компонента у испытуемых – нормотоников (табл. 2) могут свидетельствовать о значительной активации у волонтеров данной группы симпатических влияний на сердечный ритм.

Полученные нами данные, могут быть дополнены данными сравнения спектральной плотности с данными, представленными в Международном стандарте. Так, выяснилось, что общая мощность спектра у нормотоников значительно меньше эталонной (табл. 2). Из литературных данных известно, что во время симпатической активации тахикардия обычно сопровождается снижением общей мощности спектра, в то время как во время вагусной стимуляции наблюдается обратная картина. Так, снижение общей мощности спектра у студентов – нормотоников может быть связано со значительной активацией центров симпатической регуляции и большим влиянием центрального контура регуляции на сердечный ритм, чем у испытуемых, чьи данные спектрального анализа, представлены в Международном стандарте. Значения общей мощности спектра, полученные у ваготоников, оказались наиболее близки к значениям, представленным в Международном стандарте, в то время как симпатотоники демонстрировали наименьшую мощность спектра и наибольшее отличие от эталонной мощности. Полученные нами данные согласуются с данными, представленными некоторыми другими авторами [7], и могут быть обусловлены индивидуальными особенностями студентов.

Таблица 2.

Сравнительный анализ спектральных характеристик ритмограмм в разных группах испытуемых ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Показатели (мс <sup>2</sup> )	Группы			Нормальные значения по Международному стандарту
	Нормотоники (I)	Симпатотоники (II)	Ваготоники (III)	
Вклад высокочастотных волн (HF)	497,46±53,66 r <sub>II</sub> <0,001 r <sub>III</sub> <0,001	92,85±11,62 r <sub>I</sub> <0,001 r <sub>III</sub> <0,001	1355,99±261,74 r <sub>I</sub> <0,001 r <sub>II</sub> <0,001	975±203
Вклад низкочастотных волн (LF)	910,05±125,45 r <sub>II</sub> <0,001	264,01±42,10 r <sub>I</sub> <0,001 r <sub>III</sub> <0,001	1173,03±135,11 r <sub>II</sub> <0,001	1170±416
LF/HF	2,31±0,33 r <sub>II</sub> <0,01	4,86±1,23 r <sub>I</sub> <0,05 r <sub>III</sub> <0,05	1,72±0,55 r <sub>II</sub> <0,05	1,5±2,0
Общая мощность спектра (Total)	2041,51±167,72 r <sub>II</sub> <0,001, r <sub>III</sub> <0,001	640,72±61,98 r <sub>I</sub> <0,001 r <sub>III</sub> <0,001	4165,20±427,88 r <sub>I</sub> <0,001 r <sub>II</sub> <0,001	3466±1018

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

Данные нейродинамического и фрактального анализов, суть которых заключается в извлечении из приведенных R-R ритмограмм фракталов, позволили судить о характере ритмических процессов организма студентов всех трех групп (рис. 4). Полученные фракталы представлены в виде матриц и гистограмм, которые характеризуют информационное взаимодействие между ритмами сердца.

Визуальная оценка результатов нейродинамического анализа показала наличие значительного количества цветов матрице нормотоников. Для матрицы у симпатотоников было характерно преобладание красных и оранжевых, а ваготоников – зеленых и синих цветов нейродинамической матрицы (рис. 4).

Известно, что нейродинамическая матрица характеризует информационное взаимодействие между ритмами сердца. Отдельные элементы матрицы соответствуют различным окнам экспозиции нейродинамического кода. Цвет элемента определяет степень нарушения структуры кода. Градации цветовой шкалы соответствуют различным степеням нарушения структуры кода от патологического (серые, красные цвета) до оптимального (зеленые, синие цвета).

Как показали наши результаты, ваготоники демонстрировали наиболее оптимальный, а симпатотоники – самый неудовлетворительный набор цветов нейродинамических кодов (рис 4).

Полученные гистограммы представляют собой распределение нейродинамических кодов по степени нарушения их структуры. Испытуемые первой группы характеризовались примерно одинаковым соотношением кодов (рис. 4-А; 5-А), попавших во все три диапазона. Испытуемые второй группы демонстрировали преобладание в гистограмме кодов с нарушенной структурой (рис 4-Б; 5-А), тогда как, для испытуемых третьей группы (рис 4-В; 5-А) характерным

было преобладание кодов с нормальной структурой. Известно [4], что в красную область попадают коды с нарушенной структурой, в желтую – с измененной, в зеленую – коды, структура которых соответствует нормальному функционированию организма (рис. 4-А).

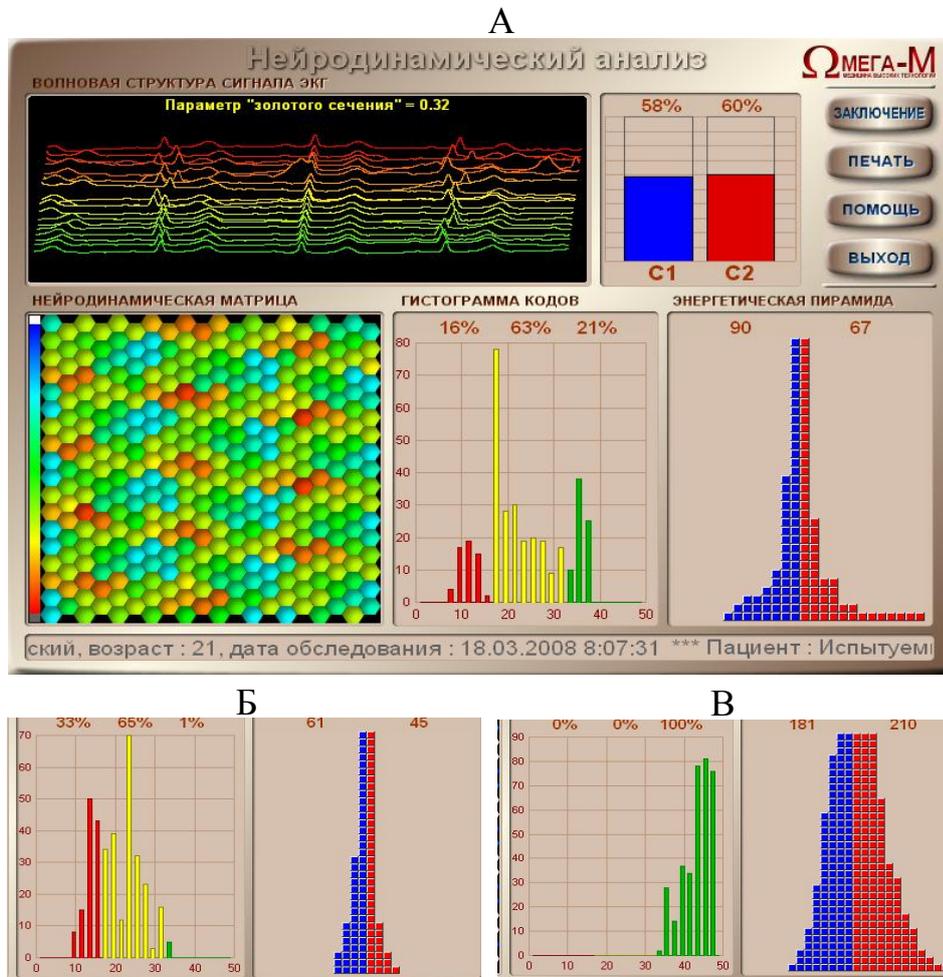


Рис. 4. Примеры интерфейсов программы нейродинамического анализа: А - для испытуемого Р. – нормотоника; Б – симпатотоника; В – ваготоника.

Подобную картину распределения можно было наблюдать и при визуальной оценке энергетических пирамид. Испытуемые – ваготоники (рис. 4-В; 5-Б) демонстрировали наиболее полные и широкие пирамиды в отличие от испытуемых остальных групп (рис 4-А, Б; 5-Б). Известно [4], что энергетическая пирамида – это динамическое отображение энергетического баланса в системах управления на гипоталамо-гипофизарном уровне. Этот компонент регуляции отражает затраты, связанные с синтезом гормонов, необходимых для осуществления регуляторных

функций. Соотношение площадей левой и правой частей пирамиды характеризует динамику анаболических и катаболических процессов. Левая часть пропорциональна времени накопления энергии, правая часть – времени потребления энергии. В целом, чем больше объем пирамиды тем меньше уровень энергетических затрат, что соответствует минимальному участию данного уровня регуляции в управлении.

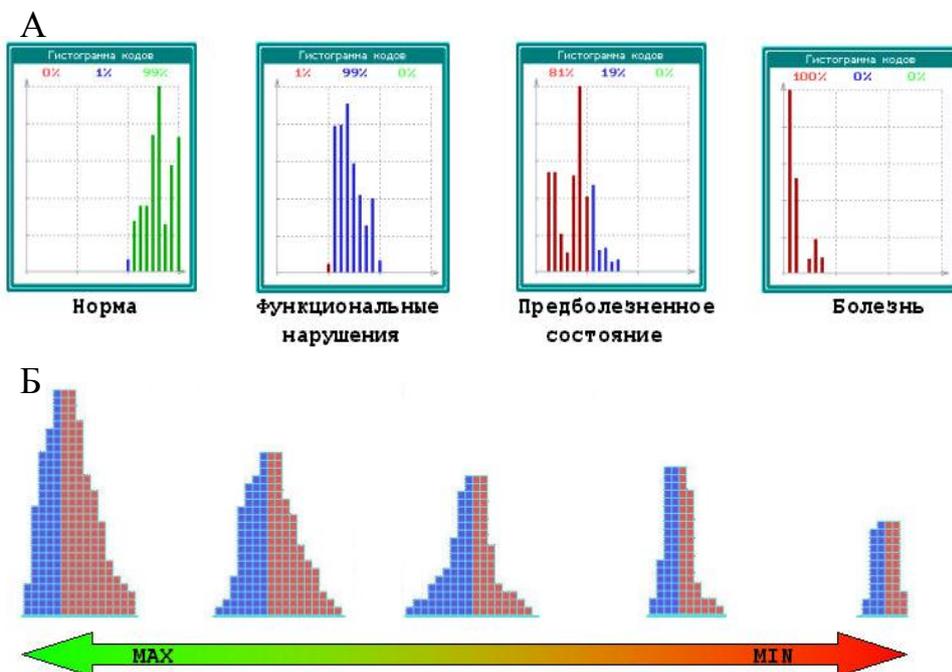


Рис. 4. Примеры интерфейсов программы нейродинамического анализа: А - для испытуемого Р. – нормотоника; Б – симпатотоника; В – ваготоника.

Фрактальный анализ предназначен для выделения и визуальной оценки степени гармонизации биоритмов различных органов и систем организма, имеющих фракталоподобную структуру с целью выявления функциональных и патологических изменений, оценки иммунного статуса организма и прогноза изменения состояния здоровья пациента на сравнительно длительный (до 10 дней) период.

Фрактальный портрет (в центре) строится по биоритмам, выделяемым в процессе регистрации из электрокардиосигнала пациента (рис 6). В окнах, слева на право, приведены эталоны (от 1 до 8), соответствующие различным уровням гармонизации биоритмов, имеющих фрактальную структуру, от максимального – 1 типа (левое окно) до минимального – 8 типа (правое окно). В наших исследованиях у ваготоников было зарегистрировано преобладание 1 и 2 типов, у симпатотоников – 4 и 5 типов; у нормотоников – 2 и 3 типов паттернов фрактального портрета. Известно [5], что фрактальные портреты 1 и 2 типов указывают на гармонизацию биоритмов на всех уровнях модуляции R-R интервалограммы, на высокие

энергетические ресурсы организма, оптимальный баланс энергетического обеспечения и благоприятный прогноз в изменениях состояния здоровья. Фрактальные портреты других типов соответствуют разной степени истощению энергетических ресурсов организма и свидетельствуют о развитии патологических изменений в органах и системах. Таким образом, анализируя характерные типы фрактальных портретов можно заключить, что наиболее оптимальный баланс энергетического обеспечения продемонстрировали студенты – ваготоники (рис. 6-В).

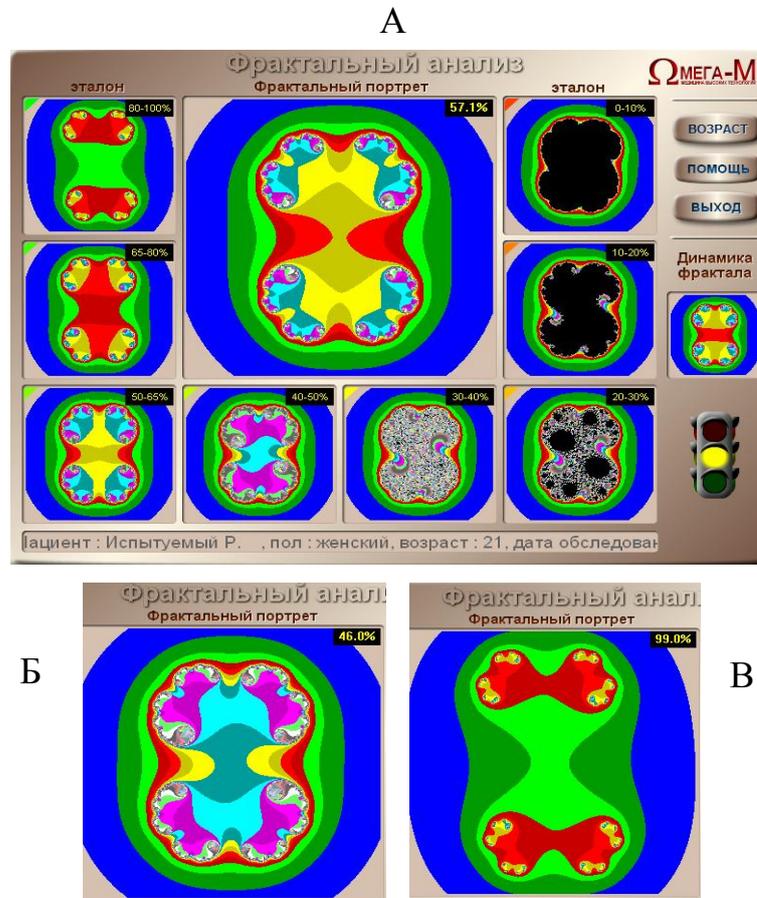


Рис. 6. Примеры интерфейсов программы фрактального анализа: А – для испытуемого Р., – нормотоника; Б – симпатотоника; В – ваготоника.

Для получения информации об активности центрального контура регуляции использовали транспозицию результатов нейродинамического анализа ритмограммы сердца в программу картирования биоритмов мозга.

Применение такого подхода вытекает из представлений о спайковой активности нейронов как генератора волновой структуры управляющего сигнала. Фракталоподобные структуры в динамике сердечной и мозговой деятельности

свидетельствуют, что в каждой из систем находится информация о каждой и может быть выделена с помощью математических методов анализа. При математической обработке ритмограммы мозга выделяются две составляющие: первая (фазовый спектр) представляет собой двухмерное отображение распределения ритмов ЦНС в функциональных пространствах головного мозга и характеризует интегральную активность в этих пространствах (рис. 7; 8-Б); вторая (сплайн карты) – двухмерное отображение, но уже модуляций соответствующих частотных составляющих спектра (рис. 7; 8-А) [5]. Полученные данные дают возможность охарактеризовать два компонента адаптации, так называемых, «быстрого» и «медленного», или нервного и обменного.

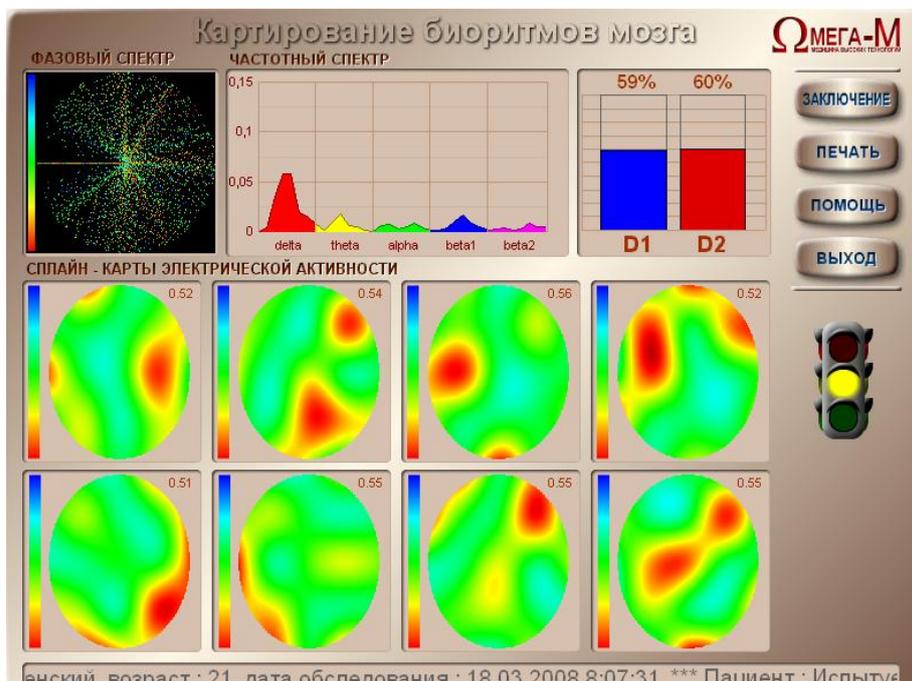


Рис.7. Пример интерфейса программы картирования биоритмов мозга для испытуемого Р. – нормотоника.

Сплайн-карты формируются в результате интерполяции амплитудных значений основных ритмов мозга относительно друг друга и представляют собой матрицы переходов основных ритмов в функциональных пространствах головного мозга (рис. 8-А).

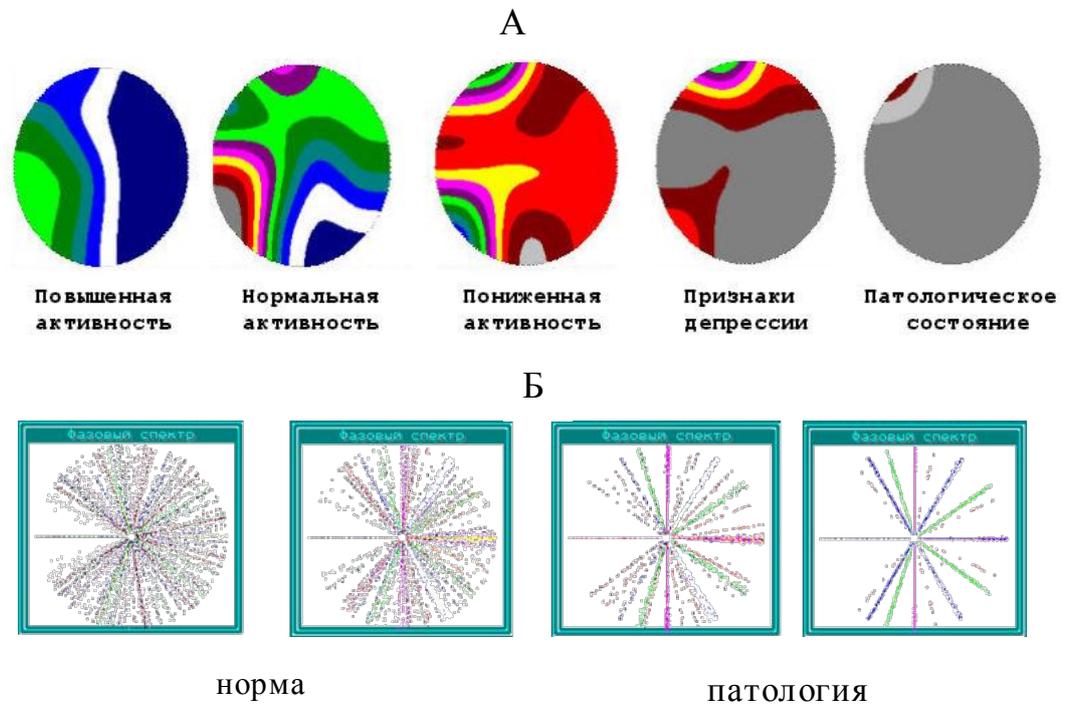


Рис. 8. Примеры сплайн-карт (А) и фазовых секторов (Б) картирования биоритмов мозга.

«Медленный», или обменный, компонент адаптации находит своё отражение в фазовом портрете ритмов головного мозга. Цвета соответствуют различным ритмам, а ширина секторов определяется индексами модуляции соответствующих частотных составляющих спектра (рис. 7; 8-Б). Нормальной активности ЦНС соответствует максимальное цветовое насыщение. При функциональных и патологических нарушениях уровень цветовой насыщенности и ширина лучей фазового портрета уменьшаются (рис. 8-Б).

Наши исследования показали, что для ваготоников и нормотоников был характерен паттерн сплайн-карт, отражающий повышенную и нормальную активность и наиболее полное цветовое насыщение фазовых секторов (рис. 8). У симпатотоников, наоборот, регистрировались паттерны фазовых секторов и сплайн-карт, отражающих пониженную активность и патологическое состояние. Данные оценки являются важнейшей характеристикой состояния системы с самого верхнего уровня регуляции (уровень центральной нервной системы) и в совокупности с интегральными показателями фрактального анализа ритмов сердца (уровень гипоталамо-гипофизарной системы) и вариационного анализа ритмов сердца (уровень вегетативной нервной системы), дают исчерпывающую информацию о состоянии центрального контура регуляции и, в конечном счёте, об адаптационных возможностях организма человека.

Заключительная часть анализа заключалась в формировании сводной таблицы результатов оценки и прогноза показателей функционального состояния (табл. 3; рис. 9), которая дает возможность свести в единое целое информацию со всех уровней регуляции организма испытуемых.

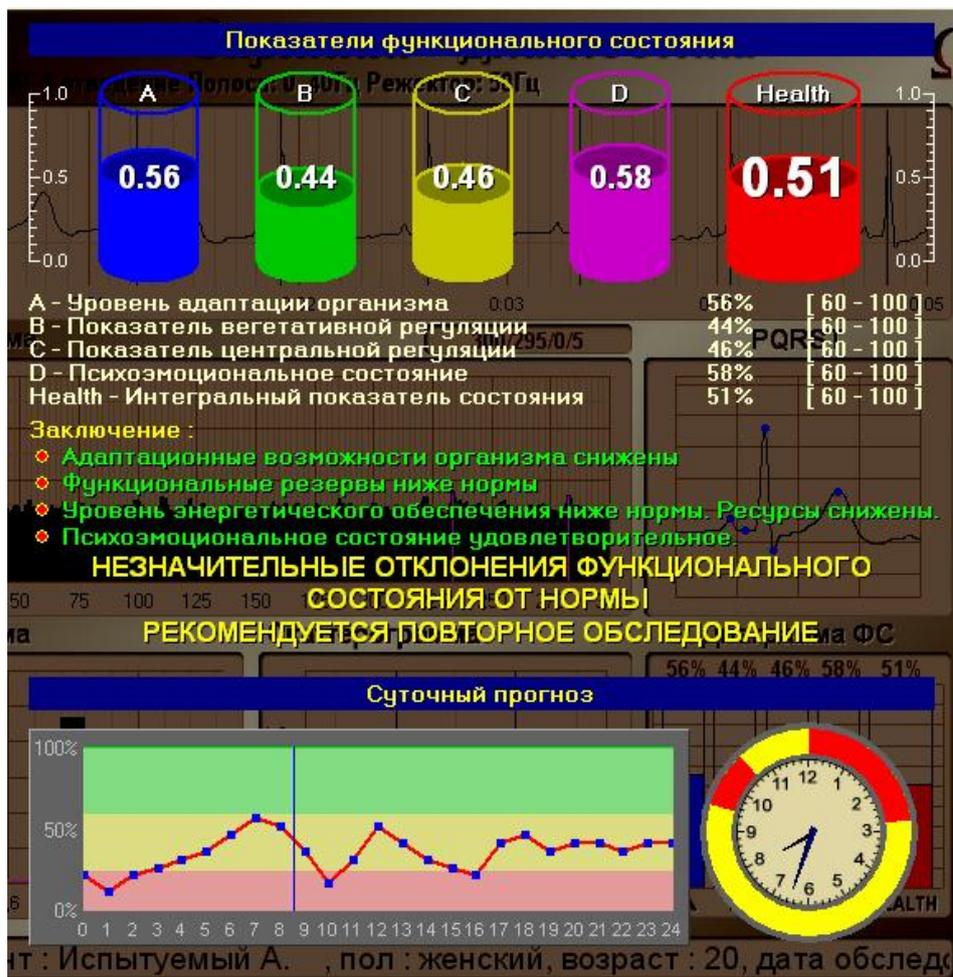


Рис. 9. Пример интерфейса программы динамики и прогноза показателей функционального состояния, у испытуемого А.

Оценка системы регуляции организма дается в пяти вариантах градации от оптимального до неудовлетворительного состояния. Так, симпатотоники характеризовались наименьшими значениями всех интегральных показателей, нормотоники демонстрировали средние значения, а ваготоники наиболее высокие значения интегральных коэффициентов, отражающих уровень функционального состояния (табл. 3).

Таблица 3.  
Интегральные показатели функционального состояния организма испытуемых  
( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Показатели	Нормотоники (I)	Симпатотоники (II)	Ваготоники (III)
Уровень адаптации (A)	63,17±2,46 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	26,46±2,73 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	82,32±3,45 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>II</sub> <0,0
Уровень вегетативной регуляции (B)	65,83±3,12 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	25,88±3,18 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	94,22±2,21 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>II</sub> <0,0
Уровень центральной регуляции (C)	60,18±2,28 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,01	27,79±4,1 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	72,53±1,77 p <sub>I</sub> <0,01 p <sub>II</sub> <0,0
Показатель психоэмоционального состояния (D)	61,01±1,95 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	30,28±3,25 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	73,26±2,43 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>II</sub> <0,001
Интегральный коэффициент здоровья (Health)	62,55±2,1 p <sub>II</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	27,60±2,93 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>III</sub> <0,001	80,58±1,77 p <sub>I</sub> <0,001 p <sub>II</sub> <0,001

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

Таким образом, использование аппаратно-программного метода «Омега-М», основанного на углубленном анализе ритмической активности сердца, дает возможность получить информацию с 4-х основных уровней регуляции функций организма. Известно [5], что живой организм представляет собой многоуровневую, самоорганизующуюся систему с динамической иерархией управления. Каждый уровень такой системы – это самостоятельная система, динамическая организация которой включает в себя все уровни управления. Взаимодействие между ними осуществляется путём обмена информации по каналам прямой и обратной связи. Чем сильнее воздействие на организм, тем более высокий уровень участвует в управлении.

При оптимальной регуляции задействовано минимальное количество уровней системы для обеспечения адаптации организма. Автономная деятельность низших уровней «освобождает» высшие от необходимости постоянно «вмешиваться» в локальные регуляторные процессы. Их включение обусловлено неспособностью последних справляться со своими функциями, когда необходима координация работы нескольких подсистем [5].

Таким образом по результатам наших исследований выделены группы студентов с нарушениями функционального состояния организма, а следовательно нуждающиеся в дальнейших корригирующих мероприятиях. К таким группам относятся, в первую очередь, симпатотоники, и, в меньшей степени, нормотоники. Программно-аппаратный комплекс «Омега-М» позволяет проводить

корректирующие мероприятия, в основе которых лежит метод управляемой дыхательной гимнастики. Значительной особенностью данной методики является индивидуальный расчет параметров управляемого дыхания по ритмограмме, записанной непосредственно перед сеансом. Изучению влияния управляемой дыхательной гимнастики на физиологический статус студентов будут посвящены дальнейшие наши исследования. Однако, основываясь на полученных результатах, можно предположить наличие разнонаправленных реакций у испытуемых с разным исходным уровнем вегетативной регуляции на данное корректирующее воздействие.

#### ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного исследования доказали высокую эффективность применения системы комплексного компьютерного исследования «Омега-М» для оценки функционального состояния организма на различных уровнях регуляции (вегетативном, нейро-гуморальном, центральном) и оценить адаптационные возможности и функциональные резервы организма студентов.
2. Полученные результаты позволили выделить три основные группы студентов: нормотоники (50%), симпатотоники (26 %) и ваготоники (24 %).
3. Анализ полученных характеристик позволяет заключить, что студенты – ваготоники характеризуются наиболее высокими, а симпатотоники – низкими интегральными показателями функционального состояния организма.
4. Преобладание в спектре низкочастотных волн, снижение значений показателя общей мощности спектра, а также низкие значения интегральных характеристик функционального состояния организма у студентов – симпатотоников свидетельствует о неудовлетворительном уровне адаптации физиологических функций испытуемых данной группы.
5. Подобраны условия для индукции каллусогенеза в изолированной культуре листовых эксплантов астрагала шерстистоцветкового (*Astragalus dasyanthus* Pall.) на питательной среде Мурасиге и Скуга, дополненной 2,4-Д (2,0 мг/л), БАП (0,5мг/л) и кинетином (1,0 мг/л).
6. Дана цитологическая характеристика каллусных культур, показано присутствие в них клеток меристематического и паренхимного типов, различающихся по размерам и морфологии.

#### Список литературы

1. Маргулис А.Р. Значение методов диагностической визуализации изображений для здравоохранения // Информационный бюллетень по вопросам военно-медицинской службы иностранных армий и флотов. – СПб: Изд-во ВМА. – 1995. – № 91. – С. 131-138.
2. Смирнов К.Ю., Смирнов Ю.А. Разработка и исследование методов математического моделирования и анализа биоэлектрических сигналов. – С-Пб, 2001. – 43с.
3. Голофеевский В.Ю. Теоретические основы информационной диагностики заболеваний и преморбидных состояний. – С-Пб, 2001. – 28 с.
4. Обоснование аппаратно-программных методов, предназначенных для скрининг-диагностики внутренних заболеваний и для оценки эффективности лечебно-профилактических мероприятий в системе диспансеризации военнослужащих и пенсионеров МО. Отчет о научно-исследовательской работе. – СПб: Изд-во ВМА С-Пб, 2002 – 77 с.

5. Ярилов С.В. Физиологические аспекты новой информационной технологии анализа биоэлектрических сигналов и принципы технической реализации. – С-Пб, 2001. – 48с.
6. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний.– М.: Медицина, 1997. – 236 с.
7. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново: Иван. гос. мед. Академия, 2002.– 290 с.
8. Heart rate variability. Standatds of Measurement, Physiological interpretation and clinical use// Circulation. – 1996. – V.93. – P.1043-1065.

Чуян О. М., Бірюкова О.А., Раваєва М.Ю. Комплексний підхід до оцінки функціонального стану студентів // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 123-139..

Стаття присвячена обґрунтуванню ефективності застосування системи комплексного комп'ютерного дослідження «Омега-М» для експрес - діагностики функціонального стану студентів. Встановлена висока ефективність застосування комплексу «Омега-М» для оцінки функціонального стану організму на різних рівнях регуляції (вегетативному, нейро-гуморальному, центральному) та адаптаційних можливостей і функціональних резервів організму студентів.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, кардіоритмограма, індекс напруги, нормотоніки, сімпатотоніки, ваготоніки.

Chuyan E.N., Birjukova E.A., Ravaeva M.U. Complex approach to estimation of the student's functional condition // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 123-139.

The Article is dedicated to efficiency motivation of the system of the complex computer study "Omega-M" using for express-diagnostics of the student's functional condition. High efficiency of the using the complex "Omega-M" will Installed for estimation of the functional condition of the organism on different level of regulation (the vegetative, neuro-gumoral, central) and adaptive possibilities and functional reserve of the student's organism.

Keywords: heart rate variability, cardiorhythmogram, index of a strain, subjects with vagal predominance, subjects with sympathetic predominance, normal subjects.

Пост упила в редакцію 11.04.2008 г.

УДК 616.-003.93

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ В МЕЖСОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Чуян Е.Н., Раваева М.Ю., Бирюкова Е.А, Коваленко А.А., Заячникова Т.В.

В статье рассмотрены основные показатели психофизиологического статуса спортсменов после 14-тидневного термо- и вибромассажа с помощью термомассажного ложа «Hi-Master» и вибромассажера MD-740T. Установлено, что 14-тидневный курс термовибромассажа приводит к функциональной стабилизации состояния мозговой активности; улучшению обменных процессов в организме; к уменьшению психологического утомления и снижению уровня эмоционального стресса; обеспечивает полноценное восстановление спортсменов и вызывает эффект оптимальной соревновательной готовности.

Ключевые слова: термовибромассаж, электроэнцефалограмма, биоэлектrogramма, тест Дембо-Рубинштейн-Коккун, тест Люшера, соревновательная готовность.

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что достижение высоких результатов в спорте всегда сопряжено с резким увеличением объема и интенсивности тренировочных нагрузок в межсоревновательный период. В этот период предполагается проведение нескольких тренировочных занятий в день [1], и, следовательно, существенное увеличение физических и психоэмоциональных нагрузок, что приводит к перегрузкам сердечно-сосудистой системы [2], опорно-двигательного аппарата, значительным морфо-функциональным изменениям, предпатологическим и патологическим состояниям.

В данный период основным фактором, влияющим на эффективность тренировки является оптимизация сочетания нагрузочного и восстановительного циклов [3]. Поскольку известно [4], что устойчивость к нагрузке зависит от процессов восстановления, то планирование программы реабилитационного периода является способом повышения эффективности тренировочных занятий и достижения эффекта соревновательной готовности [5]. Эффективность восстановительных мероприятий зависит от множества факторов, однако для достижения наибольшего эффекта необходимо комплексное использование реабилитационных средств и методов.

Адекватное сочетание целого комплекса физических факторов, которые лежат в основе различных методов физической реабилитации, представлено в термомассажном оборудовании «Long-life» (Производство Южная Корея) – аппаратов для коррекции и поддержания функционального состояния организма, которые гармонично сочетают ряд физио- и рефлексотерапевтических методов восточной и западной медицины [6].

Поскольку в системе восстановления спортивной работоспособности и подготовки спортсменов к интенсивным физическим нагрузкам традиционно используют физио- и рефлексотерапию [7], можно предположить, что комплексное применение термомассажного ложа (ТМЛ) и ручного вибромассажера (РВМ) должно оказывать позитивное действие на организм спортсменов. Исходя из этого, целью настоящего исследования явилось изучение влияния вибротермомассажа на психофизиологическое состояние спортсменов в межсоревновательный период.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований. В эксперименте принимали участие 20 сотрудников МЧС (спортсменов по пожарно-прикладному спорту) мужского пола в возрасте от 22 до 30 лет, условно здоровых, не имеющих хронических заболеваний. Исследования изменений психофизиологических показателей проводились до и после 14-тидневного курса массажа с помощью ТМЛ «Hi-Master» и ручного вибромассажера «MD-721T» производства Южной Кореи в межсоревновательный период.

Схема эксперимент а. Массаж на ТМЛ проходил по следующей схеме: первые два и последние три дня эксперимента в качестве вводной и заключительной процедур, использовалась программа №1, при которой в течение 34 мин осуществлялось непрерывное прохождение подвижной каретки вдоль позвоночника и нижних конечностей. Температура внутренних ролов и наружного обогревателя составляла +45<sup>0</sup>С. На третий-пятый и девятый-одиннадцатый дни применяли программу №2: ролы в течение первых 5 мин непрерывно разминают и прогревают мышцы спины и ног,,0 затем начинается II этап – более глубокое воздействие на биологически активные точки спины. Ролы, двигаясь снизу вверх, осуществляют 9 остановок на 20 с через каждые 5,5 см, благодаря чему осуществляется точечный массаж каждой акупунктурной точки на меридиане мочевого пузыря (от V57 до V9) от копчика до первого шейного позвонка. Достигая первого шейного позвонка осуществляется обратное непрерывное движение ролов. Данный цикл движения повторяется дважды. Два прохода с остановками движущихся кареток чередуются с двумя непрерывными прохождениями ролов вдоль спины и ног. Температура ролов и внешнего обогревателя составляла +58<sup>0</sup>С. На шестой-восьмой дни эксперимента использовалась программа №3, терапевтическое действие которой аналогично эффектам программы №2, отличаются только временные параметры. Так, подготовительный этап длится 7 мин, в течение которых выполняется 3 прохода подвижной каретки вдоль тела и ног. II этап – аналогичен программе 2, однако остановки более длительные – 55 с. Этап глубокого воздействия повторяется дважды, чередуясь с двумя непрерывным проходом ролов вдоль спины и ног. Заключительный этап составляет 4,30 мин, в течение которых осуществляется непрерывный массаж, способствующий закреплению терапевтического эффекта. Температура ролов и выносного обогревателя составляла +65<sup>0</sup>С. Такое сочетание основных программ ТМЛ способствует лучшей адаптации организма к физиотерапевтическим воздействиям, уменьшает вероятность проявления неприятных (болевых) ощущений и обострений [6].

Дополнительно ежедневно по окончании сеанса массажа на ТМЛ проводился вибротермомассаж спины с помощью РВМ в течение 10 мин. Массаж начинали со слабых и медленных вибраций, постепенно увеличивая их, а к концу процедуры понемногу их уменьшали. Массаж спины проводили по лабильной методике медленными продольными движениями, от поясничной области вверх до нижнего угла лопаток и от первого шейного позвонка - вниз до верхнего угла лопаток, равномерно прижимая к телу головки РВМ. Головки РВМ при этом проходили по одной или разным сторонам от позвоночного столба, по паравертебральным мышцам, но ни в коем случае не по позвоночнику. Воротниковая зона и лопатки массировались в направлении к подмышечным лимфатическим узлам.

Методы оценки функционального состояния:

- электроэнцефалография (ЭЭГ) – метод исследования деятельности мозга [8];
- биоэлектрография (БЭГ) – экспресс-диагностика общего функционального состояния организма [9];
- психологическое тестирование по тестам Дембо-Рубинштейн-Коккун, Люшера и Спилберга [10].

ЭЭГ является объективным электрофизиологическим методом исследования биоэлектрической активности головного мозга, возникающей в процессе его деятельности, основанным на регистрации электрических потенциалов [8]. При этом суммарная ЭЭГ, являясь результатом сложной суммации электрических потенциалов отдельных нейронов, отражает функциональную активность громадных популяций нервных клеток, т.е. функциональную активность мозга [11].

Отведение и анализ ЭЭГ осуществляли по общепринятой методике [12] с использованием электроэнцефалографа «Tredex» (Венгрия). Для регистрации ЭЭГ была выбрана стандартная полоса частот усилительного тракта (верхняя граница частотного диапазона 70 Гц, постоянная времени, определяющая нижнюю границу – 0,3 с). Сигналы обрабатывали с использованием преобразования Фурье, получая для анализа спектры мощности ЭЭГ. ЭЭГ регистрировали монополярно – в 21 отведении. Расположение электродов соответствовало системе «10-20». Испытуемый располагался в удобном кресле в затемненной экранированной камере и находился в состоянии спокойного бодрствования при закрытых глазах. Для анализа были выбраны следующие частотные диапазоны: 1-4 Гц (дельта-ритм), 4-8 Гц (тета-ритм), 8-14 Гц (альфа-ритм), 14-25 Гц (бета1-ритм), 25-30 Гц (бета2-ритм).

В качестве экспресс-метода диагностики общего функционального состояния человека до и после воздействия термомассажа использовали метод БЭГ, который заключается в компьютерной регистрации и анализе свечения, индуцированного биологическими объектами при стимуляции их электромагнитным полем высокой напряженности с усилением в газовом разряде [9].

Регистрацию биоэлектрограмм (БЭО-грамм) пальцев рук производили с помощью программно-аппаратного комплекса „Корона-ТВ” производства научно-исследовательского института „РАСТР” (г. Великий Новгород), как без, так и с применением пленочного полиэтиленового фильтра (толщина 0,05 мм). Пленочный фильтр отсекает всю информацию, связанную с перспирацией кожного покрова, т.е. с пото- и газовыделением потовых желез, поэтому можно считать, что пленочный

фильтр разделяет активность симпатической и парасимпатической нервной системы. Кроме того, пленочный фильтр выполняет роль «ловушки» электронов, скрадывая квазислучайные вариации и усиливая устойчивые особенности и неоднородности свечения [9].

Аналізу подвергали:

- коэффициент формы (отражает изрезанность наружного контура БЭО-граммы, рассчитывается по отношению квадрата периметра к площади самого изображения);
- площадь засветки изображения (абсолютная величина площади БЭО-граммы, измеряемая в пикселях).

Для изучения изменения психологического состояния испытуемых под влиянием термомассажа применялось психологическое тестирование. При этом оценивали показатели текущего самочувствия, активности и настроения (тест Дембо-Рубинштейн-Коккун), а также уровня тревожности испытуемых (тест Люшера) [10].

Достоверность различий результатов исследования определялась с помощью *t*-критерия Стьюдента и непараметрического критерия Вилкоксона.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе спектра ЭЭГ в диапазоне дельта-ритма в группе спортсменов после курсового воздействия термовибромассажа наблюдалось статистически значимое уменьшение относительной мощности данной активности в передне-лобных областях неокортекса (отведения Fp1 и Fpz) и теменной области правого полушария (отведение P4) (табл. 1).

Известно, что дельта-ритм отражает тормозные процессы в коре головного мозга [13], а наличие в ЭЭГ интенсивного дельта-ритма характеризует снижение уровня функциональной активности коры [12], скорости психических процессов [14] и замедленное время реакции, а также низкие показатели моторной лабильности и низкий уровень мотивации [15]. Кроме того, показано, что усиление дельта-ритма по всей поверхности коры происходит при тревожном ожидании [16], в состоянии экзаменационного стресса [17] и связано со снижением мотивационных потребностей [18]. Вместе с тем, установлено [19], что выраженный дельта-ритм в рисунке текущей ЭЭГ связан со снижением метаболической активности в соответствующем участке коры. Логично, таким образом, предположить, что снижение мощности медленноволновой активности в рисунке текущей ЭЭГ может быть связано с локальным усилением мозгового кровотока, а, следовательно, с интенсификацией обменных процессов в головном мозге. Следовательно, снижение мощности дельта-ритма, зарегистрированное нами после действия термовибромассажа, может свидетельствовать о его антистрессорном и седативном эффектах и улучшении психофизиологического состояния спортсменов.

Одновременно с уменьшением относительной мощности дельта-ритма у спортсменов, подвергавшихся воздействию термовибромассажа, было отмечено уменьшение мощности тета-ритма практически по всей поверхности коры, наиболее выраженное в теменной области правого полушария (табл. 1). Имеется ряд данных, свидетельствующих о связи упорядоченного тета-ритма с отрицательными

эмоциональными состояниями [20 – 22], особенно при правополушарной активации корковых зон [23]. В целом, высокоамплитудный тета-ритм характеризует состояние регуляторных систем, отражающих тормозные процессы в ЦНС [24 – 25]. Следовательно, повышенная генерация тета-ритма отражает сниженную активацию коры головного мозга [26]. Можно предположить, что снижение мощности тета-ритма, зарегистрированное в нашем исследовании, отражает увеличение тонуса коры по отношению к подкорково-диэнцефальным структурам, с активацией которых связывают появление тета-ритма [20].

Таблица 1.  
Изменение относительной мощности низкочастотных ритмов текущей ЭЭГ у спортсменов при воздействии термовибромассажа ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Отведения	дельта а-ритм		тета-ритм	
	Исходные значения	Значения через 14 дней	Исходные значения	Значения через 14 дней
Fp1	29,41 ± 2,80	21,45 ± 1,63*	26,70 ± 3,77	24,67 ± 1,63
Fp2	28,14 ± 3,56	23,79 ± 3,96	24,14 ± 3,04	20,28 ± 1,93
F3	19,24 ± 2,75	14,67 ± 1,08	23,88 ± 3,64	19,82 ± 1,02
F4	18,66 ± 2,89	15,09 ± 1,34	24,53 ± 1,42	23,54 ± 2,14
F7	17,14 ± 0,80	14,81 ± 1,85	22,15 ± 0,81	19,43 ± 1,43
F8	14,67 ± 0,69	14,76 ± 1,38	22,11 ± 0,76	18,93 ± 1,33
T3	17,90 ± 2,63	11,86 ± 0,47	21,19 ± 0,99	19,52 ± 1,99
T4	11,52 ± 0,89	11,87 ± 1,30	19,57 ± 2,05	17,18 ± 1,08
C3	10,93 ± 0,91	11,45 ± 0,87	18,39 ± 1,09	18,66 ± 1,09
C4	18,23 ± 1,65	13,50 ± 0,93	23,04 ± 2,84	19,84 ± 0,90
T5	15,43 ± 1,12	15,74 ± 1,86	26,12 ± 1,60	23,74 ± 2,69
T6	15,95 ± 1,08	14,18 ± 1,43	25,14 ± 1,43	20,82 ± 1,42
P3	15,45 ± 1,79	19,68 ± 3,36	27,89 ± 3,28	22,22 ± 2,26
P4	21,30 ± 3,26	13,71 ± 0,95*	30,23 ± 3,22	24,16 ± 1,00*
O1	23,84 ± 2,15	20,80 ± 2,19	33,91 ± 2,15	29,47 ± 3,10
O2	24,51 ± 2,91	22,68 ± 3,03	32,81 ± 6,56	28,49 ± 2,96
Fpz	29,73 ± 3,49	21,13 ± 1,79*	28,34 ± 2,98	26,92 ± 3,95
Fz	19,16 ± 3,18	15,73 ± 0,97	24,41 ± 1,62	25,17 ± 2,25
Cz	16,35 ± 3,44	13,37 ± 1,00	26,32 ± 3,05	24,16 ± 1,45
Pz	23,04 ± 3,23	20,18 ± 3,05	36,05 ± 4,18	33,24 ± 3,94
Oz	19,16 ± 2,37	20,84 ± 2,65	31,74 ± 4,54	28,13 ± 3,22

Примечание: \* - достоверность различий показателей в экспериментальной и контрольной группах при  $p < 0,05$  по критерию Вилкоксона

Наиболее значимые изменения после 14-дневного воздействия термовибромассажа были зарегистрированы в диапазоне альфа-ритма (табл. 2). Так, наблюдалось увеличение относительной мощности альфа-активности в передне-лобных, передневисочных, височных и теменных областях коры, что соответствует состоянию спокойного расслабления [27]. В то же время есть сведения о том, что синхронизация ЭЭГ в альфа-диапазоне является отражением активного торможения

со стороны верхних уровней ЦНС по отношению к ее нижележащим структурам [28], что обуславливает высокую готовность к восприятию значимых стимулов [18]. Полученные нами данные согласуются с литературными, свидетельствующими об увеличении мощности альфа-ритма ЭЭГ в результате классического ручного [29] и вибрационного [30] массажей, что рассматривается авторами как показатель состояния релаксации.

Таблица 2.  
Изменение относительной мощности альфа-ритма текущей ЭЭГ спортсменов при воздействии термовибромассажа ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Отведения	Исходные значения	Значения через 14 дней
Fp1	43,49 ± 3,87	48,43 ± 2,82
Fp2	41,35 ± 3,83	53,72 ± 3,02*
F3	40,86 ± 3,26	47,25 ± 1,28
F4	44,28 ± 3,26	46,64 ± 3,42
F7	40,62 ± 2,65	40,66 ± 1,70
F8	39,41 ± 4,00	41,74 ± 2,28
T3	35,61 ± 2,14	47,28 ± 2,06*
T4	33,30 ± 2,43	41,41 ± 2,93*
C3	37,94 ± 2,28	42,74 ± 2,01
C4	41,28 ± 3,40	42,00 ± 2,36
T5	43,72 ± 3,36	52,99 ± 3,98*
T6	53,76 ± 2,28	61,14 ± 3,24*
P3	69,49 ± 6,54	79,02 ± 5,39*
P4	63,76 ± 2,41	80,96 ± 3,87*
O1	69,34 ± 5,66	76,34 ± 3,80
O2	67,62 ± 5,27	73,73 ± 6,05
Fpz	38,96 ± 4,60	50,02 ± 4,42*
Fz	33,26 ± 2,94	31,72 ± 2,64
Cz	54,27 ± 4,05	57,34 ± 3,73
Pz	74,80 ± 5,00	90,48 ± 5,67*
Oz	54,01 ± 4,37	61,87 ± 4,57

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

Данные, полученные в настоящем исследовании, подтверждают результаты предыдущего исследования, в котором было зарегистрировано снижение мощности низкочастотной активности на фоне повышения мощности альфа-ритма у студентов после 14-тидневного термомассажа на ТМЛ [6], однако спортсмены продемонстрировали более высокую реактивность в ответ на термомассажное воздействие, что характеризовалось большей выраженностью наблюдаемых изменений, захватывающих более обширные области коры.

В высокочастотном диапазоне изучаемого спектра ЭЭГ при термовибромассажном воздействии наблюдалось снижение мощности, которое в бета-1-диапазоне было наиболее выражено в передне-лобных, центральных и

теменных областях, а в бета-2-диапазоне – в передне-лобных, височных, теменных и затылочных областях коры (табл. 3).

Таблица 3.  
Изменение относительной мощности бета-1 и - бета-2 - ритмов текущей ЭЭГ спортсменов при воздействии термовибромассажа ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Отведения	бет а-1-рит м		бет а-2-рит м	
	Исходные значения	Значения через 14 дней	Исходные значения	Значения через 14 дней
Fp1	21,70 ± 1,83	21,38 ± 1,50	29,96 ± 3,78	28,84 ± 1,46
Fp2	28,51 ± 1,29	19,99 ± 1,32*	34,96 ± 3,47	25,89 ± 3,16*
F3	22,17 ± 2,23	20,38 ± 1,41	25,82 ± 0,84	26,06 ± 2,03
F4	25,50 ± 1,50	22,23 ± 2,94	31,07 ± 1,86	26,41 ± 2,68
F7	24,55 ± 1,17	21,74 ± 1,57	32,32 ± 1,76	26,30 ± 2,42
F8	25,73 ± 1,03	20,89 ± 1,62	32,64 ± 4,06	27,75 ± 1,61
T3	24,36 ± 1,51	21,14 ± 2,04	24,75 ± 2,74	23,76 ± 1,49
T4	20,24 ± 1,60	16,69 ± 0,54	21,15 ± 0,84	23,72 ± 2,01
C3	26,08 ± 1,57	20,82 ± 1,39	27,14 ± 2,08	26,31 ± 2,55
C4	27,40 ± 1,41	22,01 ± 2,21	28,41 ± 1,57	27,00 ± 2,48
T5	30,22 ± 2,16	25,10 ± 2,70	34,11 ± 3,06	27,26 ± 1,69
T6	32,71 ± 1,41	27,55 ± 1,98	35,32 ± 2,96	25,06 ± 1,85*
P3	30,97 ± 2,57	28,08 ± 1,98	32,92 ± 1,91	32,41 ± 2,51
P4	30,48 ± 2,69	19,77 ± 0,63*	30,53 ± 1,50	21,29 ± 0,85*
O1	34,40 ± 2,88	30,92 ± 1,35	46,20 ± 3,82	34,81 ± 1,90*
O2	32,96 ± 2,40	27,37 ± 1,90	35,04 ± 2,87	29,78 ± 1,51
Fpz	32,86 ± 3,28	20,57 ± 2,55*	48,37 ± 4,72	31,79 ± 3,09*
Fz	24,81 ± 1,58	21,28 ± 2,33	33,37 ± 2,1	27,48 ± 2,26
Cz	31,68 ± 2,33	22,20 ± 2,51*	40,66 ± 3,26	39,77 ± 4,10
Pz	35,56 ± 4,32	36,19 ± 2,74	40,34 ± 3,54	34,98 ± 3,42
Oz	34,48 ± 3,88	28,79 ± 2,26	41,20 ± 4,95	30,53 ± 2,14*

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

Как известно, бета-ритм хорошо выражен в ЭЭГ при эмоциональном напряжении, в состояниях тревоги, возбуждения, беспокойства, в связи с чем полагают, что он является выражением гипервозбудимости неокортекса [31] и отражением активного состояния нейронных цепей коры [32]. Бета-1-ритм рассматривается как маркер психологического напряжения [33], а усиление представленности в ЭЭГ бета-2-ритма связывают с физиологическим стрессом, развитием различных вегетативных сдвигов [34-36]. Следовательно, снижение мощности высокочастотных компонентов в паттерне ЭЭГ спортсменов после термовибромассажного воздействия может также свидетельствовать об антистрессорном эффекте, отмеченном ранее.

В целом, полученные нами данные (усиление мощности альфа-ритма на фоне снижения мощности низко- и высокочастотных ритмов ЭЭГ) свидетельствуют о

достижении спортсменами определенного оптимума активации, выраженного в усилении коркового контроля над восходящими влияниями со стороны нижележащих структур мозга [37]. Такое функциональное состояние мозга характеризуется балансом возбуждения и торможения в больших нейронных цепях и соответствует готовности к выполнению новой задачи, требующей определенной мобилизации.

При анализе параметров БЭГ у спортсменов наибольшее число изменений было выявлено при съемке в режиме «с фильтром», отражающим физиологический статус [9]. Так, обнаружено достоверное увеличение показателя площади засветки в среднем на 21% ( $p < 0,05$ ) для левой и на 18% ( $p < 0,05$ ) для правой рук испытуемых относительно значений этого показателя в фоновой записи (рис. 1), что свидетельствует об улучшении обменных процессов, повышении работоспособности и возрастании резервных возможностей организма [38].

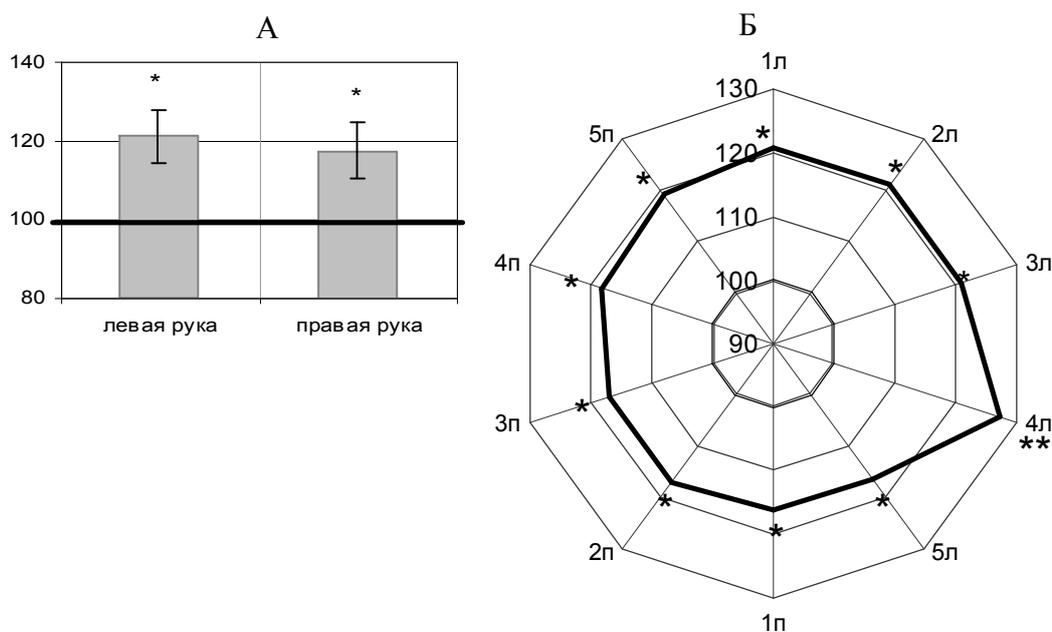


Рис. 1. Изменения показателя площади засветки (в процентах относительно фоновых значений, принятых за 100%) при регистрации БЭО-грамм на пальцах правой (п) и левой (л) рук у спортсменов после термовибромассажа, где А – усредненные показатели площади засветки, Б – показатели для десяти пальцев обеих рук испытуемых.

Примечание: \* - достоверность различий между группами;  $p < 0,05$

\*\* - достоверность различий между группами;  $p < 0,01$  по критерию Стьюдента.

При анализе приведенной площади БЭО-грамм выявлены достоверные

изменения в сторону увеличения значений этого показателя в среднем на 50% в топографических зонах левой руки и на 48% - правой руки испытуемых (рис. 2).

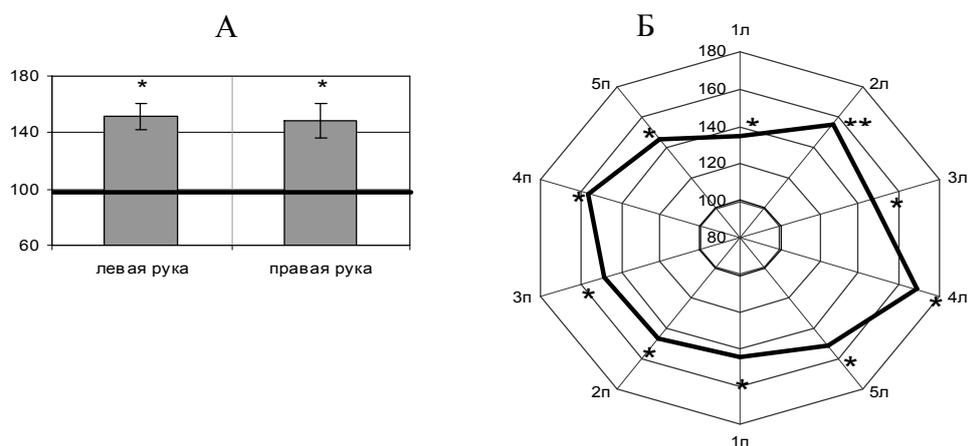


Рис. 2. Изменения показателя приведенной площади (в процентах относительно фоновых значений, принятых за 100%) при регистрации БЭО-грамм на пальцах правой (п) и левой (л) рук у спортсменов после курса термовибромассажа, где А – усредненные показатели площади засветки, Б – показатели для десяти пальцев обеих рук испытуемых.

Примечания те же, что на рис. 1.

Максимальный эффект усиления биоэлектрических процессов зарегистрирован в топографических зонах указательных и безымянных пальцев обеих рук и особенно левой руки испытуемых ( $p < 0,01$ ) (рис. 2). Поскольку известно [9], что данные топографические зоны характеризуют состояние всех отделов позвоночного столба, а так же органов нейроэндокринной регуляции можно заключить, что паравертебральный массаж, мягкая тракция позвоночника с помощью ТМЛ и РВМ способствуют в первую очередь, улучшению функционального состояния позвоночного столба, усилению обменных процессов, оптимизации эндокринной регуляции. Кроме того, согласно литературным данным [9], у всех контингентов спортсменов БЭО-граммы безымянного пальца левой руки обнаруживают устойчивую связь с психическим состоянием и психической готовностью. Следовательно, полученные нами данные свидетельствуют о развитии у спортсменов состояния высокой психофизиологической готовности к соревновательному этапу.

Анализ показателя коэффициента формы БЭО-грамм выявил достоверные изменения в сторону уменьшения значений для данного показателя в среднем на 21% ( $p < 0,05$ ) для левой руки и на 20% ( $p < 0,05$ ) для правой руки волонтеров экспериментальной группы (рис. 3).

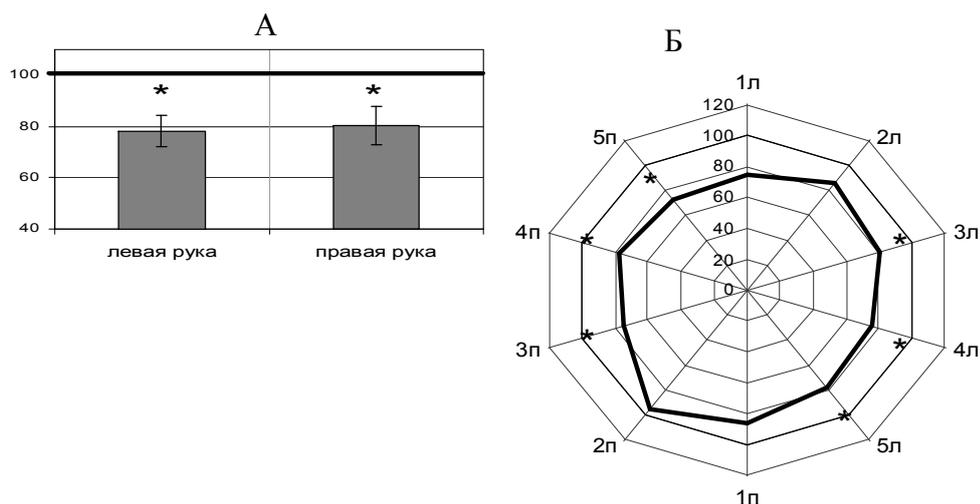


Рис. 3. Изменения показателя коэффициента формы БЭГ (в процентах относительно фоновых значений, принятых за 100%) при регистрации биоэлектрограмм на пальцах правой (п) и левой (л) рук у спортсменов после термовибромассажа, где А – усредненные показатели площади засветки, Б – показатели для десяти пальцев обеих рук испытуемых.

Примечания те же, что на рис. 1

Снижение значений показателя коэффициента формы БЭГ, отражающего уровень психоэмоциональной напряженности и стресса свидетельствует о снижении у испытуемых уровня эмоционального стресса.

Согласно классификации Короткова [9], БЭО-граммы спортсменов до прохождения курса термовибромассажа относились к Ia (50 %) и Ib (48 %) типам с незначительным вкладом Ic (2 %) типа. Известно [9], что Ia тип характеризует физически здорового, психически стабильного, эмоционально устойчивого человека средних лет, Ib тип биоэлектрограмм характерен для физически здорового человека, переживающего эмоциональный дискомфорт, а доминирование Ic типа БЭО-грамм характерно для людей, находящихся в стрессовом состоянии. Известно, что в состоянии спокойного бодрствования без провоцирующих стресс-факторов БЭО-граммы спортсменов демонстрируют более высокий уровень биоэлектрической активности и структурированности по сравнению со здоровыми испытуемыми соответствующего возраста не занимающихся профессионально спортом [9, 39, 40]. После 14-дневного курса термовибромассажа наблюдалось перераспределение соотношений типов БЭО-грамм: большая часть БЭО-грамм соответствовала Ia типу (98 %). Таким образом, зарегистрированная генерация паттернов БЭГ типа Ia после физиотерапевтического воздействия свидетельствует о развитии состояния максимальной физической готовности спортсменов, оптимизации их психофизиологического состояния и перехода в состояние оптимальной готовности к физическим нагрузкам.

В целом, усиление мощности биоэлектрических процессов и снижение показателя коэффициента формы БЭО-грамм под влиянием курса термовибромассажа свидетельствует о возрастании резервных возможностей организма спортсменов и повышении стрессоустойчивости за счет оптимизации обменных процессов [38].

При анализе данных психологического тестирования кратковременных психологических состояний у спортсменов выявлено статистически значимое уменьшение значений таких показателей адекватности психологической деятельности и поведения, как интенсивность тревоги, психологическое утомление, напряжение, эмоциональный стресс, а также увеличение значений показателей работоспособности, вегетативного коэффициента в тесте люшера (рис. 4 – А).

Анализ уровня тревожности человека, как личностной характеристики, так и психического состояния в тесте спилбергера показал снижение показателей личностной и ситуативной тревоги (рис. 4 – Б). Снижение показателей ситуативной и личностной тревожности как индикатора реакции испытуемых на различные социально-психологические стрессоры, связанные с соревновательной деятельностью свидетельствуют об оптимальном психологическом благополучии и готовности к нагрузкам, сопровождающим соревновательный период.

В тесте дембо-рубинштейн-коккуна было отмечено увеличение таких показателей самооценки, связанных с эмоциональным состоянием, социальным поведением и некоторыми физиологическими характеристиками, как здоровье и расслабленность (рис. 4 – в). Полученные данные дополняют данные бэг-тестирования и согласуются с литературными [30], свидетельствующими об улучшении психологического состояния испытуемых под влиянием сеансов аппаратного массажа.

Таким образом, термовибрационный массаж, выполненный в предложенном режиме, оказывает положительное влияние на психофизиологическое и функциональное состояние организма спортсменов, обладает релаксирующей направленностью, обеспечивая полноценное восстановление спортсменов и вызывая эффект оптимальной соревновательной готовности.

Полученные данные могут быть связаны с тем, что механизм действия ТМЛ [6] связан, во-первых, с тем, что паравертебральный массаж, осуществляемый нефритовыми ролами подвижной каретки способствует восстановлению функциональных взаимосвязей между «ключевыми» сегментами позвоночного столба, улучшению кровообращения в мышцах, нормализации их функции, ослаблению мышечных болей, устранению вялости, сжиганию жировых отложений, улучшению нервной проводимости и повышению настроения. Во-вторых, под влиянием передвижения подвижных кареток ТМЛ проявляется эффект мягкой тракции позвоночника. Плавное прохождение ролов способствует вытяжению позвоночника, причем, наличие мягкой пружинной фиксации движущейся каретки позволяет исключить грубое воздействие на физиологические изгибы позвоночника.

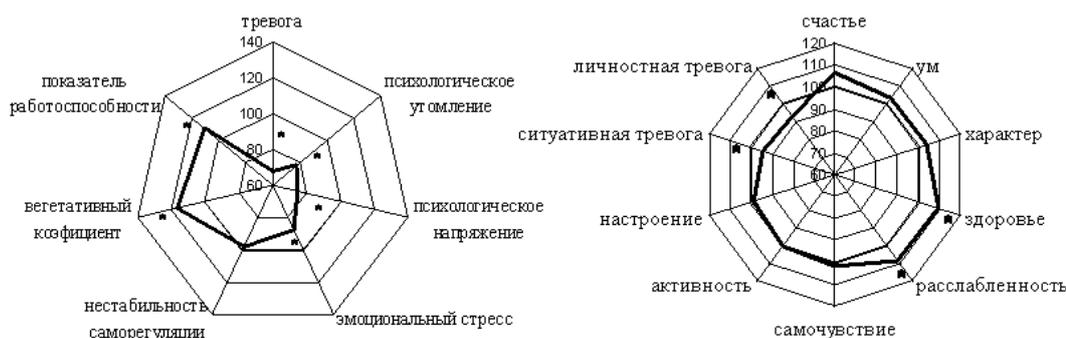


Рис. 4. Изменения показателей психологического тестирования у спортсменов после курса термовибромассажа (в процентах относительно фоновых значений, принятых за 100%): А – в тесте Люшера, Б – в тестах Дембо-Рубинштейн-Коккун и Спилбергера.

Примечания те же, что на рис. 1

Под действием проходов массажных кареток по физиологическим изгибам позвоночника – поясничному лордозу и крестцово-копчиковому кифозу – происходит чередование тракционных движений в противоположном направлении. Лордоз вначале движения кареток прогибается в дорсальном направлении, затем выпрямляется (кифозуется), а в конце – опять прогибается в дорсальном направлении, что способствует восстановлению физиологической гибкости каждого отдела позвоночника. В сочетании с тепловым воздействием длинноволнового инфракрасного излучения, которое активирует физиологические процессы на клеточном и тканевом уровнях, происходит разогревание и расслабление мышц. Паравертебральное воздействие на сегментарные зоны, соответствующие выходам спинно-мозговых корешков, оказывает терапевтическое воздействие на иннервируемые ими внутренние органы. Массажные головки, проходя по акупунктурным точкам спины, рефлекторно воздействуют на многие органы и системы организма. Так, установлено, что центральные внутренние нефритовые роля ТМЛ проходят вдоль первой ветви, а наружные роля – второй ветви меридиана мочевого пузыря. В рефлексотерапии данный меридиан считается одним из основных, поскольку имеет ряд важных точек, в том числе т.н. сочувственные точки к 12 парным меридианам, которые стимулируют функцию всех наиболее важных органов (сердца, легких, печени, селезенки и т.д.). В качестве литотерапевтического фактора в ТМЛ применяется нефрит, из которого выполнены массажные головки ролов и плафоны выносного обогревателя. Применение этого минерала способствует общему оздоровительному эффекту, длительному удерживанию тепла от ИК излучения. Кроме того, современными научными исследованиями установлено, что нефрит обладает свойством рассеивать длинноволновые инфракрасные лучи и отсекают коротковолновое, следовательно, является естественным фильтром для ИК излучения. Использование выносного обогревателя ИК-излучения с семью нефритовыми плафонами во время общего массажа на ложе «Hi-Master» способствует усилению терапевтического эффекта

ТМЛ и целенаправленному воздействию на кожные проекции патологических органов, расположенных на боковых и передней поверхности тела человека.

Механизм действия РВМ «MD-740T» основан уникальном сочетании вибромассажа, классических приемов массажа (сжатие-растяжение, растирание, разминание, надавливание), теплолечения (с помощью ИК излучения), рефлексотерапии (механическое и тепловое воздействие на области БАТ и рефлексогенные зоны).

Таким образом, в основе терапевтического эффекта ТМО заложены принципы одновременного воздействия на очаг патологии и сегментарности. Именно это позволяет существенно повысить эффективность применения ТМО как физиотерапевтического и массажного оборудования [6]. Такое комбинирование методов и аппаратов позволяет усилить эффекты местного и общего воздействия ТМО как на весь организм, так и на очаг патологии.

#### ВЫВОДЫ

4. Термовибрационный массаж, выполненный в предложенном режиме, оказывает положительное влияние на психофизиологическое и функциональное состояние организма спортсменов, обладает релаксирующей направленностью, обеспечивая полноценное восстановление спортсменов и вызывая эффект оптимальной соревновательной готовности.
5. Паттерн электроэнцефалограммы, зарегистрированной после курса термовибромассажа, характеризуется усилением мощности альфа-ритма на фоне снижения мощности низко- и высокочастотных ритмов, что свидетельствует о достижении спортсменами определенного оптимума активации и готовности к выполнению новой задачи, требующей определенной мобилизации.
6. Усиление мощности биоэлектрических процессов и снижение показателя коэффициента формы биоэлектрограмм после курса термовибромассажа свидетельствуют о возрастании резервных возможностей организма спортсменов и повышении стрессоустойчивости за счет оптимизации обменных процессов.
7. Психологическое тестирование показало уменьшение значений показателей тревожности, утомления, напряжения, эмоционального стресса в тесте Люшера, личностной и ситуативной тревожности в тесте Спилбергера и увеличение значений показателей работоспособности, вегетативного коэффициента в тесте Люшера, показателей самооценки здоровья и расслабленности в тесте Дембо-Рубинштейн-Коккуна, что свидетельствует об улучшении психологического состояния испытуемых.

#### Список литературы

26. Полустрев А.В. Комплексное использование физических средств восстановления в тренировочном процессе фехтовальщиков: Учебное пособие / Полустрев А.В., Якименко С.Н., Артеменко Е.П.-Омск: СибТАФК, 1999.- 88 с.
27. Дембо А.Г., Земцовский Э.В. Спортивная кардиология, М-Л. - 1989. – 95 с.
28. Яценко А.Г. Адаптация сердечно-сосудистой системы высококвалифицированных спортсменов к тренировочным нагрузкам различной направленности. //Фізіологічний журнал. – 2002. – т.48, №2. – С. 65-72.

29. Ванюшин Ю.С., Ситдииков Ф.Г. Адаптация сердечной деятельности и состояние газообмена у спортсменов к физической нагрузке // Физиология человека. – 1997. – Т. 23, № 4. – С. 69-73.
30. Абзалов Р.А. Изменение показателей насосной функции сердца у спортсменов и неспортсменов при выполнении мышечных нагрузок повышающейся мощности / Абзалов Р.А., Нигматуллина Р.Р. // Теория и практика физ. культуры. – 1999. – N 8. – С. 24-26, 39-40.
31. Чуян Е.Н., Раваева М.Ю., Заячникова Т.В., Фокина Ю.О., Бирюкова Е.А., Коваленко А.А., Московских А.А. Влияние аппаратного термомассажа на психофизиологическое состояние организма // Ученые записки ТНУ, Серия Биология. – 2007. – Т.20 (59), № 4. – С. 109-123.
32. Дубровский В.И. Массаж: Учеб. для сред. и высш. заведений. – М.: Гуманит.изд.центр ВЛАДОС, 2001. – 496 с.
33. Гимранов Р.Ф., Гимранова Ж.В., Еремина Е.Н., и др. Диагностика заболеваний нервной системы. – Москва. – 2003. – 258 с.
34. Коротков К.Г. Основы биоэлектрографии. – СПб. – 2001. – 255 с.
35. Кокун О.М. Оптимізація адаптаційних можливостей людини, К.: Міленіум, 2004. – 265 с.
36. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: (Руководство для врачей). – М.: Медицина. – 1991. – 640 с.
37. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). – М.: МЕДпресс-информ. – 2002. – 368 с.
38. Мамедов З.Г., Игнатъев Д.А. Анализ спектральных характеристик ЭЭГ коры при активации серотонинреактивных структур неокортекса // Физиол. ж. СССР. – 1982. – Т. 68, № 5. – С. 705-708.
39. Макаренко Н.В. Психофизиологические функции человека и операторский труд. – К.: Наукова думка. – 1991. – 216 с.
40. Guhlmann B., Roth N., Sask G. Psychologische und psychophysiologische Erhebungen an Merkmalsträgern einer sogenannten langsamen posterioren Aktivität im EEG // Z. Psychol. – 1978. – V. 186, № 4. – P. 529-538.
41. Клуязев G.G., Schutter D.J., van Honk J. Anxious apprehension increases coupling of delta and beta oscillations // Int. J. Psychophysiol. – 2006. – V. 61, № 2. – P. 283-287.
42. Джебраилова Т.Д. Спектральные характеристики ЭЭГ у студентов с различным уровнем тревожности во время экзаменов // Журнал высш. нервн. деят-сти. – 2003. – Т. 53, № 4. – С. 495-502.
43. Клуязев G.G., Savostyanov A.N., Levin E.A. Anxiety and synchrony of alpha oscillations // Int. J. Psychophysiol. – 2005. – V. 57, № 3 – P. 175-180.
44. Pizzagalli D.A., Oakes T.R., Fox A.S., Chung M.K. et al. Functional but not structural subgenual prefrontal cortex abnormalities in melancholia // Mol. Psychiatry. – 2004. – V. 9, № 4. – P. 325, 393-405.
45. Гусельников В. И. Электрофизиология головного мозга. – М. – 1976. – 424 с.
46. Абрамов Ю. Б. Стресс и его патогенетические механизмы // Материалы Всесоюзного симпозиума. – Кишинев. – 1973. – С. 46-47.
47. Yamaguchi Y., Kuwano S., Tshujimoto T. Properties of the frontal theta bursts appearing on mental work // Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol. – 1981. – V. 52, №3. – P. 48-50.
48. Aftanas L.I., Reva N.V., Savotina L.N. et al. Neurophysiological correlates of induced discrete emotions in humans: an individually oriented analysis // Neurosci. Behav. Physiol. – 2006. – V. 36, № 2. – P. 119-130.
49. Суворова В.В. Психофизиология стресса. – М.: Наука. – 1975. – 280 с.
50. Лейтес И.С., Голубева А.А., Кадыров Б.Р. Динамическая сторона психической активности и активированность мозга // Психофизиологические исследования интеллектуальной саморегуляции и активности. – М.: Наука - 1980. – С. 114-124.
51. Strijkstra A.M., Beersma D.G., Drayer B., Halbesma N., Daan S. Subjective sleepiness correlates negatively with global alpha (8-12 Hz) and positively with central frontal theta (4-8 Hz) frequencies in the human resting awake electroencephalogram // Neurosci. Lett. – 2003. – V. 340, № 1. – P. 17-20.
52. Wrobel A. Beta activity: a carrier for visual attention // Acta Neurobiol. Exp. (Wars). – 2000. – V. 60, № 2. – P. 247-260.
53. Cooper N.R., Croft R.J., Dominey S.J., Burgess A.P., Gruzelier J.H. Paradox lost? Exploring the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypotheses // Int. J. Psychophysiol. – 2003. – V. 47, № 1. – P. 65-74.
54. Stock C., Baum M., Roskopf P., Schober F., Weiss M. et al. Electroencephalogram activity, catecholamines, and lymphocyte subpopulations after resistance exercise and during regeneration // Eur. J. Appl Physiol. Occup. Physiol. – 1996. – V. 72, № 3. – P. 325, 235-241.

55. Батова Н.Я., Гуменюк В.А., Джебраилова Т.Д., Коробейникова И.И. и др. Системный подход к реабилитации физиологических функций человека: новые технологии // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т. 5, № 1. – С.12-15.
56. Жоров П.А. Электроэнцефалографические корреляты корково-подкорковых отношений // Проблемы дифференциальной психофизиологии. – М.: Наука, 1974. – С. 187-198
57. Porjesz B., Begleiter H., Wang K. et al. Linkage and linkage disequilibrium mapping of ERP and EEG phenotypes // Biological Psychology. – 2002. – V. 61, № 1-2. – P. 229-248.
58. Жирмунская Е.А., Рыбников А.И., Ложникова С.М. Функциональное значение некоторых феноменов электроэнцефалограммы человека // Физиология человека. – 1982. – Т. 8, № 5. – С. 746-756.
59. Жирмунская Е.А. Функциональная взаимозависимость больших полушарий мозга человека: Статистический анализ электроэнцефалограмм при мозговом инсульте. – М.: Наука, 1989. – 132 с.
60. Porjesz B., Begleiter H., Wang K. et al. Linkage and linkage disequilibrium mapping of ERP and EEG phenotypes // Biological Psychology. – 2002. – V. 61, № 1-2. – P. 229-248.
61. Luis Carrasco, Mars M., Ruiz J. Sertraline in the treatment of mixed anxiety and depression disorder // Journal of Affective Disorders. – 2000. – V. 59, № 1. – P. 67-69.
62. Knyazev G.G. Motivation, emotion and their inhibitory control mirrored in brain oscillations // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. – 2007. – V. 31. – P. 377-395.
63. Александрова Р.А., Коротков К.Г., Филиппова Н.А., Зайцев С.В. и др. Новые подходы к оценке состояния и лечению больных с позиций энергоинформационных представлений // Системный подход к вопросам анализа и управления биообъектами: научно-практическая конференция. – М., С.-Петербург. – 2000. – С. 12-13.
64. Бундзен П.В., Загранцев В.В., Назаров И.Б., Рогозкин В.А. Генетическая и психофизическая детерминация квантово-полевого уровня биоэнергетики организма спортсменов // Научно-теоретический журнал. – 2002. – №6. – С. 40-44.
65. Короткова А.К. Биоэлектрографические корреляты успешности соревновательной деятельности спортсменов олимпийского резерва в циклических видах спорта. XI международный научный конгресс «Наука. Информация. Сознание» 7, 8, 9 июля 2007 года // СПб., 2007. – С. 105-114.

Чуян О.М., Раваева М.Ю., Бірюкова О.А., Коваленко Г.О., Заячнікова Т.В. Оптимізація психофізіологічного стану спортсменів в період між змаганнями // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 141-153..

В статті розглянуті основні показники психофізіологічного стану спортсменів після 14 діб термо- і вібромасажу за допомогою термомасажного ложа «Hi-Master» і вібромасажера MD-740T. Встановлено, що 14-добовий курс термовібромасажу призводить до функціональної стабілізації стану мозкової активності; покращенню процесів обміну речовин в організмі; до зменшення психологічної втоми та зниженню рівня емоційного стресу людини; забезпечує повноцінне відновлення спортсменів і викликає ефект оптимальної готовності до змагань.

Ключові слова: термовібромасаж, електроенцефалограма, біоелектрограма, тест Дембо-Рубінштейн-Коккун, тест Люшера, готовність до змагань.

Chuyan E.N., Ravaeva M.U., Birjukova E.A., Kovalenko A.A., Zayachnikova T.V. Optimization of the sportsmen's psychophysiological status in the interemulative period // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 141-153..

The main indices of sportsmen's psychophysiological status after 14-day thermo- and vibro-massage using "Hi-Master" thermo-massage bed and vibromassager MD-740T are considered. It was found, that 14-day course of termovibro-massage stabilizes the brain functional state, improves the exchange processes in an organism, reduces the psychological fatigue and decreases emotional stress level. Also the full-value recovery of sportsmen's health and optimal emulative readiness effect were established.

Keywords: termovibromassage, electroencephalogram, bioelectrogram, Dembo-Rubinshtein-Kokkun test, Lusher test, emulative readiness.

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.

УДК 612.821

## ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ НА ПРОЦЕССЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ

Чуян Е.Н., Трибрат Н.С.

В статье приведен обзор литературных данных о влиянии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции и представлены возможные механизмы этого влияния.

Ключевые слова: микроциркуляция, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ, метод ЛДФ.

Многочисленными исследованиями показано, что электромагнитные излучения крайне высоких частот (ЭМИ КВЧ) (30-300 ГГц) или миллиметрового (мм) диапазона ( $\lambda=1-10$  мм) низкой интенсивности (меньше  $10 \text{ мВт/см}^2$ ) обладают выраженной биологической эффективностью. В последние десятилетия обнаружены многочисленные факты, свидетельствующие о высокой чувствительности биологических объектов различной степени сложности к низкоинтенсивному ЭМИ мм диапазона, сформулирован целый ряд гипотез о возможности резонансного взаимодействия ЭМИ этого диапазона с биологическими системами [1-2], высказано предположение, что мм волны используются для передачи информации между организмами и внутри организмов, выявлена зависимость биологической эффективности КВЧ-излучения от частоты и интенсивности воздействующего фактора, определены «частотные» и «амплитудные» окна. Среди наиболее изученных эффектов ЭМИ КВЧ известны антистрессорный, иммуномодулирующий, антиоксидантный, синхронизирующий, противовоспалительный, радиопротекторный, антиноцицептивный и некоторые другие [3 - 6].

В связи с высокой биологической эффективностью эми квч используется в медицинской практике для лечения широкого круга заболеваний. Так, положительные результаты от применения квч-терапии показаны при лечении следующих заболеваний: гастроэнтерологических (язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, гепатитов, холецистопанкреатитов); сердечно-сосудистых (стабильной и нестабильной стенокардии, гипертонической болезни, инфаркта миокарда); заболеваний сосудов головного и спинного мозга; неврологических (болевого синдрома, невритов, радикулита, остеохондроза); онкологических (для защиты кроветворной системы, устранения побочных явлений при химио- и рентгенотерапии); костно-мышечной системы, депрессивных состояний, атопического дерматита, почечной недостаточности, саркаидоза и туберкулеза легких; урологических (пиелонефрита, импотенции, простатита); гинекологических (аднекситов, эндометритов, эрозии шейки матки); стоматологических (пародонтоза, пародонтита, некоторых видов стоматитов, периоститов); хирургических, офтальмологических; кожных (нейродермитов, в том

числе, псориаза, стрептодерии, угревой сыпи), стрептококкового импетиго, сахарного диабета, патологий щитовидной железы, травматического арахноидита с ликвородинамическими нарушениями, алкоголизма и наркомании [3, 7].

Опыт клинического применения этого метода позволяет говорить об отсутствии отдаленных неблагоприятных последствий и побочных эффектов, что является дополнительным преимуществом в применении КВЧ-терапии с целью лечебного воздействия. Мм терапия хорошо сочетается с другими методами лечения (лекарственными, физиотерапевтическими и др.) и не имеет абсолютных противопоказаний.

Известно, что большинство заболеваний, на лечение которых направлено действие КВЧ-терапии, сопровождается нарушениями в микроциркуляторном русле. Однако влияние ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции изучено не достаточно, и многие данные весьма противоречивы. Поэтому целью данной работы является обзор литературных данных о влиянии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции. Изучение этого вопроса имеет как практическое значение, поскольку расстройства микроциркуляции являются одним из основных звеньев патогенеза многих заболеваний, так и теоретическое. Это связано, во-первых, с тем, что объемно-скоростные характеристики процесса гемомикроциркуляции служат важнейшим источником информации о состоянии тканей, органов и организма в целом [8], а во-вторых, рецепция ЭМИ КВЧ, помимо периферических элементов нервной системы, клеток диффузной нейроэндокринной и иммунной систем, также может осуществляться и микроциркуляторной системой кожи [3]. Поэтому исследования изменения процессов микроциркуляции под влиянием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ вносит определенный вклад в понимание механизма действия этого физического фактора.

Известно, что нарушения микроциркуляции служат одним из стереотипных признаков повреждения функции органов и тканей. Вместе с тем, во многих экспериментальных и клинических исследованиях показано, что под влиянием ЭМИ КВЧ происходит нормализация процессов микроциркуляции, выражающаяся в уменьшении периваскулярных нарушений и неравномерности диаметра венул и артериол [2]. Именно этим объясняется выраженный клинический эффект КВЧ-терапии при облитерирующем эндартериите [3], остеомиелите [9]. Воздействие мм волнами показало свою эффективность и при нормализации микроциркуляторных расстройств у больных пародонтозом [10].

Расстройства микроциркуляции лежат в основе патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний, для лечения которых давно и успешно применяется КВЧ-терапия. В частности, В.А. Люсовым с соавторами [11] было отмечено улучшение микроциркуляции в сердечной мышце у больных нестабильной стенокардией, получавших курс КВЧ-терапии.

У больных ишемической болезнью сердца методом бульбарной биомикроскопии глаза исследовали параметры микроциркуляции. Выявлено что на фоне мм-терапии наблюдалось значительное снижение общего конъюнктивального индекса, индекса сосудистых и внутрисосудистых изменений. Отмечено также увеличение калибра артериол, числа функционирующих петель лимба, уменьшение

количества эритроцитарных агрегантов в венах [3]. Аналогичные результаты были получены и при исследовании микроциркуляции в бульбарной конъюнктиве глаза у больных острым инфарктом миокарда. Выявлено, что к окончанию курса ЭМИ КВЧ у пациентов отмечалось значительное улучшение тканевой перфузии, что проявлялось в виде уменьшения отека конъюнктивы, увеличения числа функционирующих капилляров, скорости кровотока по ним, уменьшения извитости и неравномерности сосудов различного калибра, дилатации сосудов [12].

Методом реографии исследовали микроциркуляцию у больных некоторыми нейрососудистыми расстройствами – ангиоветодистонией, гипертонией, синдромом Рейно, получавших курс мм терапии. Авторами было отмечено, что КВЧ-терапия оказывала нормализующее воздействие на нарушенную микроциркуляцию независимо от конкретной патологии. В частности, зарегистрировано увеличение числа функционирующих капилляров и увеличение наполнения их кровью. У больных гипертонической болезнью оценка состояния мозгового кровотока на фоне мм-терапии методом динамической сцинтиграфии выявила улучшение кровотока в бассейнах пораженных артерий, перераспределение объема крови в сторону наиболее ишемизированных участков [3]. При изучении центральной и периферической гемодинамики у больных гипертонической болезнью, ЭМИ КВЧ способствовало снижению периферического сопротивления [13].

Как правило, в проводимых исследованиях по изучению биологического действия ЭМИ КВЧ используется облучение целого организма или изолированных органов, тканей, клеток. Поэтому уникальные эксперименты проведены А.А. Яшиным и Т.И. Субботиной [2] по исследованию процесса прямого воздействия ЭМИ КВЧ на открытый орган – печень. В опытной группе животных преобладали изменения в микроциркуляторном русле, выражающиеся в прогрессирующем усилении микроциркуляции с компенсированным оттоком крови.

На микроциркуляторном уровне кровь проявляет себя как сложная гетерогенная система корпускулярной природы, имеющая реологические свойства, существенно отличающие ее от других жидкостей. Следовательно, на условия гемодинамики в системе микроциркуляции оказывает влияние агрегатное состояние крови. Показано, что метод КВЧ-терапии может с успехом применяться в лечении больных хроническим генерализованным парадонтитом в сочетании с заболеваниями желудочно-кишечного тракта, так как он способствует нормализации процессов микроциркуляции за счет восстановления нарушенных реологических свойств крови. Кроме того, комбинированная с фармакологическими препаратами КВЧ-терапия способствует полному восстановлению реологических свойств крови у больных локализованной и диссеминированной формами, легкой и средней степени тяжести атопическим дерматитом, что выражается в нормализации таких показателей гемореологии как индексы агрегации и деформируемости эритроцитов, величина гематокрита, степень доставки кислорода к тканям [14].

Вязкость крови в значительной степени определяется способностью эритроцитов к агрегации [15]. Вместе с тем, результаты исследований свидетельствуют и о высокой чувствительности эритроцитов к ЭМИ мм диапазона. Так, ЭМИ КВЧ достоверно увеличивает скорость оседания эритроцитов *in vitro*, что

может быть связано с увеличением агрегации красных клеток крови [16]. Получены убедительные доказательства влияния ЭМИ КВЧ на кислородтранспортную функцию и антиоксидантный потенциал эритроцитов [17]. Выявлено, что облучение эритроцитов сопровождается интенсификацией процессов регенерации, что связано с характерными количественными и качественными изменениями липидов в эритроцитарных мембранах [17]. После экспериментального КВЧ-воздействия на образцы цельной крови животных *in vitro* параллельно со снижением количества эритроцитов выявлено увеличение их среднего диаметра, периметра, объема и снижение жесткости мембран [18]. Показано что ЭМИ КВЧ корригирует стресс-индуцированные морфологические изменения эритроцитов *in vitro*. КВЧ-воздействие препятствует деформации эритроцитов, вызываемой стрессом, способствует сохранению нормальной формы и объема клеток, о чем свидетельствуют значения коэффициентов изрезанности границ и деформируемости клеток, близкие к таковым у животных контрольной группы [5]. Этот факт, по всей видимости, объясняется тем, что под воздействием ЭМИ КВЧ эритроциты приобретают повышенную прочность. Таким образом, ЭМИ КВЧ препятствует нарушению функциональной целостности эритроцитов, т.е. развитию деформационного стресса.

Исследование влияния ЭМИ частот 42,19 и 53,54 ГГц на гемореологические параметры и морфофункциональные показатели эритроцитов практически здоровых лиц выявило значимое повышение вязкости цельной крови и агрегационной способности эритроцитов в условиях *in vitro*. ЭМИ КВЧ является также эффективным методом восстановления показателей физико-химических свойств эритроцитов больных стенокардией, хроническим генерализованным пародонтитом и др. [15].

Из эритроцитов освобождаются тромбопластические соединения и вещества с антигепариновой активностью, о чем свидетельствует удлинение времени рекальцификации и снижение потребления протромбина по сравнению с контрольными образцами крови [18].

Нарушения в системе микроциркуляции могут быть обусловлены изменениями системы, регулирующей агрегатное состояние крови [15]. Известно, что нормальный эндотелий обладает выраженной антитромбогенной активностью – препятствует активации тромбоцитов, факторов системы свертывания крови, фибринолиза. Однако при повреждении сосудистой стенки происходит синтез ряда веществ, активирующих систему гемостаза, что способствует образованию гемостатического тромба у места повреждения сосуда. Вместе с тем, к настоящему времени КВЧ-терапия признана одним из наиболее эффективных немедикаментозных средств коррекции гемостаза. Многочисленными исследованиями показано благоприятное влияние ЭМИ КВЧ на динамику показателей гемостаза и фибринолиза, что может играть важную роль в профилактике внутрисосудистого свертывания крови у больных инфарктом миокарда, стенокардией, сосудистыми заболеваниями головного и спинного мозга, с закрытой черепно-мозговой травмой, атопическим дерматитом, простатитом. В частности, В.Ф. Киричуком, С.С. Паршиной [19] были отмечены следующие сдвиги в системе гемостаза больных стенокардией, подвергавшихся КВЧ-воздействию:

повышение антикоагулянтной (уровня гепарина, активности антитромбина — III) и фибринолитической активности крови, снижение содержания комплексных соединений мономеров фибрина, что свидетельствует об ограничении внутрисосудистого свертывания крови у больных под влиянием волн КВЧ. На фоне традиционного лечения инсульта регресс лабораторных признаков ДВС-синдрома встречался в 1,5 раза чаще, если одновременно проводилась КВЧ-терапия [20]. Применение ЭМИ мм диапазона позволяет сократить сроки лечения, предотвратить повторные рецидивы заболевания и предупредить тромбогенные осложнения у больных язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки. Нормализующее действие ЭМИ КВЧ на показатели коагуляционного потенциала и факторы свертывания крови, синтезируемые печенью, антикоагулянтную активность, содержание фибриномерных комплексов и продуктов деградации фибриногена отмечено у детей, больных вирусным гепатитом.

Известно, что нормальное состояние системы гемостаза обеспечивается динамическим равновесием между прокоагулянтным, антикоагулянтным и фибринолитическим звеньями системы гемостаза. В экспериментах на инфицированных *Mycoplasma hominis* животных, предварительно подвергавшихся как изолированному, так и комбинированному с гипокинетическим стрессом действию ЭМИ КВЧ, зарегистрировано увеличение прокоагуляционного потенциала системы гемостаза на фоне компенсаторного повышения активности фибринолитической и антикоагуляционной систем [5].

Были изучены также хронобиологические аспекты использования КВЧ-терапии для коррекции гемостаза больных ишемической болезнью сердца [21]. В частности, было замечено, что максимальным нормализующим влиянием на систему гемостаза обладает КВЧ-воздействие, осуществляемое во временном промежутке с 11 до 13 часов.

В.Ф. Киричуком, С.С. Паршиной, Т.В. Головачевой [19] исследованы и отдаленные результаты применения ЭМИ мм диапазона в лечении больных нестабильной стенокардией. Авторы отмечали, что КВЧ-терапия оказывает не только непосредственное (во время лечения), но и отдаленное гипокоагуляционное действие, проявляющееся в дальнейшем нарастании антикоагулянтного и фибринолитического потенциалов системы гемостаза, угнетении прокоагулянтной способности крови. В среднем, ЭМИ КВЧ способствовало нормализации системы гемостаза больных нестабильной стенокардией на срок до 4 месяцев.

Как видно из вышеприведенных данных, ЭМИ КВЧ оказывает выраженное многостороннее влияние на процессы микроциркуляции. Однако механизмы действия этого физического фактора на микроциркуляторное русло до конца не изучены.

Исходя из собственных и литературных данных механизм действия ЭМИ КВЧ на систему микроциркуляции нам представляется следующим.

Известно, что практически все ЭМИ КВЧ поглощается в кожных покровах на глубине до 1 мм, а максимум удельной поглощаемости в коже локализован на глубине 0,7 мм [22, 23]. Поэтому именно элементы кожи рассматриваются в качестве основных мишеней для миллиметровых волн, а кожа выполняет функцию распределенного рецептора излучения. Под непосредственное действие излучения

попадают периферические кровеносные и лимфатические сосуды, клетки иммунной системы (кожное депо Т-лимфоцитов), диффузной нейроэндокринной системы (ДНЭС, APUD-система), разнообразные рецепторы (механорецепторы, ноцицепторы и т.д.), нервные окончания, периферические нервы, а также биологически активные точки.

В.Н. Воронков и Е.П. Хижняк [22] гистологическими методами показали, что облучение кожи экспериментальных животных (52 ГГц; плотность потока мощности 50 мВт/см<sup>2</sup>) в течение 15 мин вызывает расширение капилляров кожи, диapedез эритроцитов в экстравазальное пространство, дегрануляцию тучных клеток. Однако в данной работе обращает на себя внимание значительный уровень мощности используемого ЭМИ, что обуславливает характерную гистологическую картину. По-видимому, биологические эффекты низкоинтенсивного ЭМИ могут быть обусловлены и/или другими закономерностями. В более поздних исследованиях теми же исследователями [24] также зарегистрированы ультраструктурные изменения кожи экспериментальных животных под влиянием ЭМИ КВЧ (42,253 ГГц, плотность потока мощности от 100 мкВт/см<sup>2</sup> до 50 мВт/см<sup>2</sup>). Локальные изменения в коже, происходящие под влиянием ЭМИ КВЧ, по мнению авторов, усиливают синтез или выделение биологически активных веществ в клетках кожи и тем самым вызывают эффекты КВЧ-излучения на уровне всего организма.

Нам представляется, что рецепцию ЭМИ КВЧ могут осуществлять многие образования, локализованные в коже. Вероятно, эти первичные физиологических мишени, «входные ворота», в значительной степени и определяют участие соответствующих систем в реализации биологических и терапевтических эффектов мм-излучения в отношении процессов микроциркуляции.

Рецепция ЭМИ КВЧ может осуществляться микроциркуляторной системой кожи, которая располагается на глубине около 150 мкм. Температурный порог расширения кожных сосудов довольно низок и составляет всего 0,06°С, т.е. находится в границах нагрева тканей, обусловленного действием ЭМИ КВЧ. Роль кровеносных капилляров в реализации биологических эффектов сводится к резонансному поглощению в них мм волн и изменению динамики протекания жидкости при одновременном уменьшении сил адгезии жидкости с внутренней стенкой капилляра (Бецкий, Яременко, 1998). Было показано [25], что ЭМИ КВЧ приводит к ряду структурных изменений в коже экспериментальных животных, в том числе к расширению мелких сосудов. Эффект вазодилатации в коже наблюдался после однократного КВЧ-воздействия и проявлялся в увеличении диаметра сосудов в 3-10 раз по сравнению с контролем. Данные результаты свидетельствуют о прямом влиянии ЭМИ на гемодинамику в облученном участке. Таким образом, сосуды кожи вполне доступны для непосредственного воздействия ЭМИ КВЧ.

Не исключено, что первичными мишенями ЭМИ КВЧ являются клетки крови. Большое количество экспериментальных данных, свидетельствует о высокой чувствительности к ЭМИ КВЧ тромбоцитов и эритроцитов, лейкоцитов крови [26, 27, 15]. Эритроциты, подвергнутые воздействию ЭМИ КВЧ, освобождают факторы гемокоагуляции, что является следствием повышения проницаемости эритроцитарных мембран [27].

Существует мнение, что тромбоциты являются высокореактивными, возбудимыми клетками, напоминающими по некоторым свойствам нервные клетки, а поскольку нейроны участвуют в информационном взаимодействии можно предположить, что именно обладающие повышенной чувствительностью тромбоциты определяют отклик системы гемостаза на информационное воздействие электромагнитных факторов [28].

Многочисленные данные свидетельствуют о непосредственном участии лейкоцитов крови и клеток соединительной ткани в регуляции агрегатного состояния крови [29].

Показано, что в результате эффекта прайминга происходит увеличение функционального статуса лимфоцитов и нейтрофилов, наблюдаемых при воздействии ЭМИ КВЧ [5], что выражается в увеличении интенсивности освобождения интерферона, фактора некроза опухоли, интерлейкинов из клеток.

Известно, что среди химических факторов, регулирующих состояние сосудистой стенки, особая роль принадлежит физиологически активным пептидам, в частности цитокинам, интерлейкинам, интерферонам, фактору некроза опухоли, хемокинам и низкомолекулярным соединениям. Роль пептидов в регуляции периферических сосудов сводится к модулированию регуляторных механизмов центральной нервной системы путем пептидэргической иннервации сосудистых стенок, паракринной регуляции, гормональных эффектов благодаря циркуляции в крови [30].

Интерес представляет также тот факт, что сходной с клетками крови и селезенки интерферонаобразующей способностью обладают культуры клеток ткани кожи, следовательно, кожа является также важным продуцентом интерферона. Поэтому некоторые авторы [31] считают, что система интерферона принимает непосредственное участие в механизмах биологического действия ЭМИ КВЧ.

В ответ на любые стимулы активированные лейкоциты и макрофаги продуцируют кроме многочисленных факторов белковой природы неорганические соединения, обладающие высокой реактивностью, в частности NO. Поэтому, биологическое действие ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции может быть связано с повышением активности системы NO. Доказательством этого являются литературные данные. Показано, что молекулярные спектры излучения и поглощения NO находятся в КВЧ-диапазоне. Воздействие ЭМИ КВЧ на частотах этих спектров (150,176 – 150,644 ГГц) оказывало значительное влияние на реологические свойства крови белых крыс, находящихся в состоянии стресса [15]. После 10-ти кратного воздействия мм излучения ( $\lambda = 7,1$  мм; плотность потока мощности =  $0,5$  мкВт/см<sup>2</sup>) в эритроцитах, макрофагах у экспериментальных животных [32] и женщин, больных хроническими воспалительными гинекологическими заболеваниями обнаружены значительное возрастание продукции NO и активация окислительного NO-синтазного метаболического пути.

NO является нейротрансмиттером, мощным фактором гемостаза, ингибирует агрегацию тромбоцитов, опосредует снижение деформационной способности эритроцитарных мембран, является эндогенным вазодилататором [33]. Увеличения его продукции в клетках, связано с активацией Ca<sup>2+</sup>-независимой изоформой фермента NO-синтазы, основного фермента участвующего в образовании NO путем

окисления L-аргинина. Известно, что NO-синтаза легко активируется в клетках при действии цитокинов, в частности интерферона, эффект которого может быть усилен фактором некроза опухолей [32]. Следовательно, воздействие ЭМИ КВЧ-диапазона, возможно, является естественным регулятором активности эндогенного NO в физиологических системах организма и/или увеличения его продукции в клетках вследствие активации NO-синтазы.

Клетки ДНЭС, частью которой является APUD-система (amine precursor uptake and decarboxylation), попадая под непосредственное действие излучения, также могут вносить свой вклад в реализацию эффектов ЭМИ КВЧ на микроциркуляторном уровне. В клинических и экспериментальных исследованиях зарегистрирован быстрый ответ со стороны показателей ДНЭС уже после первого воздействия ЭМИ КВЧ [34]. Многие пептиды, содержащиеся в апудоцитах, могут оказывать как вазоконстрикторное действие, в частности нейротетид Y, так и вазодилаторное действие, например вещество P, вазоактивный интестинальный пептид, участвующие в местной регуляции [30].

Элементами APUD-системы являются, в частности, тучные клетки (ТК) кожи, дегрануляция которых наступает под действием ЭМИ КВЧ [25]. Усиление выброса секрета из ТК (гистамин, протеазы, серотонин, гепарин) при их дегрануляции, по-видимому, является одним из механизмов в каскаде событий, ведущих к системному ответу организма на воздействие низкоинтенсивного ЭМИ. Показано, например, что уровень гистамина в зоне дегрануляции ТК под действием КВЧ-излучения увеличивается в 30 раз [20], что вызывает, в свою очередь, пролонгированное расширение капилляров.

Основной гуморальный агент противосвертывающей системы гепарин, выделяющийся в кровотоки после дегрануляции ТК, в ответ на появление в крови тромбина образует комплексные соединения с белками и аминами крови [35]. Образовавшиеся комплексы обладают неферментативной фибринолитической активностью, антикоагулянтными, антиполимеризационными и антиагрегационными свойствами [35]. Следовательно, образование комплексных соединений гепарина способствует повышению антикоагулянтного фона и фибринолитической активности крови, что и выявлено во многих исследованиях при действии ЭМИ КВЧ.

В ответ на выделение протеаз ТК макрофаги синтезируют  $\alpha_2$ -макроглобулин, которому принадлежит функция модуляции некоторых цитокинов (фактор некроза опухоли и интерлейкины).  $\alpha_2$ -макроглобулин, кроме того, оказывает нормализующее действие на систему прокоагуляции, являясь быстродействующим ингибитором, нейтрализующим тромбин, химотрипсин, трипсин, коллагеназу, кининогенин, плазмин. Поэтому лечебный эффект ЭМИ КВЧ относительно ДВС-синдрома может быть связан именно с увеличением концентрации в крови  $\alpha_2$ -макроглобулина [20].

Выделение серотонина из ТК стимулирует эндотелий-зависимую вазодилатацию. Биологически активные вещества, выделяемые из ТК, оказывают действие и на многочисленные нервные окончания, что также может быть причиной формирования ответа всего организма на действие ЭМИ КВЧ [31].

Кроме того, многие исследователи делают вывод о том, что интенсивности ЭМИ КВЧ, используемые в терапии, достаточны для активации рецепторов (механо-, термо- и болевых рецепторов) и других нервных окончаний и периферических волокон, расположенных в коже [7]. После первичной рецепции сигнал из периферических нервных окончаний и волокон поступает в ЦНС, что может быть причиной рефлекторного изменения тонуса кровеносных сосудов.

Гормональные факторы также влияют на параметры системной гемодинамики. Для регуляции сосудов кожи важное значение имеют циркулирующие катехоламины – норадреналин (НА) и адреналин (А) [30]. Причем в физиологических условиях при сохранной симпатической иннервации влияние катехоламинов крови на величину сосудистого тонуса клинически незначимо, а регулирующая роль циркулирующих катехоламинов проявляется в стрессовых условиях.

Изменение содержания катехоламинов под воздействием ЭМИ КВЧ зарегистрировано как в наших [5], так и в других клинических и лабораторных исследованиях. В частности, КВЧ-излучение приводило к снижению стресс-индуцированного повышения содержания катехоламинов в эритроцитах периферической крови животных [5]. Применение КВЧ-терапии у больных гипертонической болезнью оказывало корригирующее влияние на обмен КА, отмечалось достоверное снижение в крови концентраций А, НА на фоне значительного увеличения их экскреции с мочой (Люсов и др., 1998). Повышенное стрессом содержание катехоламинов в тимусе, селезенке, структурах брыжеечных лимфатических узлов крыс снижалось вплоть до нормализации под влиянием предварительного или последующего КВЧ-излучения. При лечении посттравматического остеомиелита после 15 сеансов микрорезонансной терапии зарегистрировано резкое понижение А в крови и приближение к норме коэффициента отношения НА/А [9].

Под влиянием ЭМИ КВЧ зарегистрировано увеличение содержания серотонина в лейкоцитах периферической крови крыс [36]. Стресс-лимитирующие системы, к которым относят серотонинергическую систему угнетают высвобождение КА из нервных окончаний и надпочечников и действие этих моноаминов, тем самым, ограничивая чрезмерную стресс-реакцию и ее повреждающее действие на организм. Показано также, что многие медиаторы стресс-лимитирующих систем играют ключевую роль в предупреждении агрегации и адгезии тромбоцитов, что может определять их защитное действие при стрессорной активации тромбообразования и препятствовать развитию ДВС-синдрома. Именно такие эффекты и были обнаружены в нашем исследовании при воздействии ЭМИ КВЧ на организм животных [5].

Таким образом, учитывая, что под непосредственное действие излучения попадают микрососуды кожи, клетки крови, ДНЭС, а также нервные окончания и периферические нервы кожи, процесс восприятия ЭМИ КВЧ организмом, видимо, носит системный характер и может включать реакции со стороны нервной, иммунной, эндокринной систем организма с изменением содержания или синтеза биологически активных веществ (гормонов, цитокинов, нейромедиаторов), что играет существенную роль в механизмах регуляции процессов микроциркуляции крови.

Результаты настоящего литературного обзора дают объяснение эффективному использованию ЭМИ КВЧ для лечения заболеваний, в патогенезе которых отмечаются выраженные нарушения процессов микроциркуляции. Вместе с тем, необходимы дополнительные исследования влияния ЭМИ КВЧ как на процессы микроциркуляции, так и на механизмы управления микрокровооток, так как это предполагает большие перспективы для понимания механизмов биологического действия этого физического фактора. В связи с этим необходим адекватный выбор показателей и методов исследования.

Существует множество методов изучения микрогемодинамики, среди которых различают офтальмоскопию, микроскопию бульбарной конъюнктивы, микроскопию сосудов кожи, ногтевого ложа. Данные методы позволяют оценить структуру и диаметр микрососудов, состояние их тонуса, выявить различные вне- и внутрисосудистые изменения. Кроме того, существуют методы оценки тканевого кровотока, в частности, окклюзионная плетизмография, вымывание радиоактивных изотопов, введение меченых микросфер, флюорисцентная микроангиография, и т.д. Однако некоторые из них связаны с применением дорогостоящей техники, а другие позволяют лишь косвенно оценить особенности регуляции периферической гемодинамики [37]. Вместе с тем, механизмы управления микрокровооток позволяет исследовать метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Благодаря последним достижениям компьютерных технологий в области спектрально анализа колебаний кровотока микрососудистого русла и разработке адекватных функциональных проб, стало возможным неинвазивно с помощью ЛДФ выделить и проанализировать регуляторные факторы, контролирующие микрогемодинамику. Многие авторы указывают, что этот метод является объективным, точным благодаря возможности длительной экспозиции, воспроизводимым и высокочувствительным по отношению к малейшим изменениям кровотока [37]. Современные лазерные доплеровские флоуриметры позволяют исследовать целый ряд обменно-динамических процессов в системе микроциркуляции и хорошо зарекомендовали себя как в клинической практике, так и в экспериментальных исследованиях. Однако сведения об изменениях показателей микроциркуляции под воздействием ЭМИ КВЧ, исследуемых методом ЛДФ, единичны. В частности, методом ЛДФ было выявлено, что включение мм-терапии в лечение больных с острым панкреатитом привело к раннему восстановлению системной микроциркуляции и ее реституции к моменту клинического выздоровления, что выразилось в исчезновении компенсаторных механизмов гемомикроциркуляции на системном уровне и снижении степени микроциркуляторной недостаточности до первой степени в сигнальной точке поджелудочной железы [8]. Необходимо отметить, что метод ЛДФ позволяет получить не только детальный анализ состояния микроциркуляции, но и оценить механизмы активной и пассивной модуляции тканевого кровотока, что является новым в исследовании процессов микроциркуляции. Использование фармакологических проб в рамках данного метода позволит расширить представления о влиянии ЭМИ КВЧ на функциональное состояние эндотелия и, следовательно, выявить возможные механизмы влияния ЭМИ КВЧ на микроциркуляторное русло посредством

сравнения ответа на введение специфических агентов, вызывающих эндотелий-зависимую и эндотелий-независимую вазодилатацию. В связи с вышеизложенным представляется актуальным изучение изменений параметров микроциркуляторного русла при воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ методом ЛДФ.

#### ВЫВОДЫ

1. Согласно клиническим и экспериментальным литературным данным, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает выраженное влияние на процессы микроциркуляции.
2. Результаты данного литературного обзора могут служить основой для дальнейшего экспериментального исследования влияния низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции у человека и животных методом лазерной доплеровской флоуметрии.

#### Список литературы

1. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О. В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
2. Субботина Т.И., Яшин А.А. Экспериментально-теоретическое исследование КВЧ-облучения открытой печени прооперированных крыс и поиск новых возможностей высокочастотной терапии // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т. 5, № 1. – С. 122-126.
3. Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. Миллиметровые волны и живые системы. – М.: «САЙНС-ПРЕСС», 2004. – 107с.
4. Киричук В.Ф., Волин М.В., Креницкий А.П., Майбородин А.В., Тупикин В.Д. Тромбоциты в реакциях системы гемостаза на КВЧ-воздействие. – Саратов: Изд-во Саратовского мед. ун-та, 2002. – 190 с.
5. Чуян Е.Н. Нейроімуноендокринні механізми адаптації до дії низько інтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти // Автореф. дис... докт. біол. наук. – Київ, 2004. – 40 с.
6. Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения. - Симферополь: «ДИАЙПИ», 2006. – 326 с.
7. Pakhomov A.G., Prol U.K., Mathur S.P., Ak'el Y., Camp-belt C.B.C. Search for frequency-specific effects of millimeter-wave radiation on isolated nerve function // Bioelectromagnetics. – 1997. – Vol. 18. – P. 324-334
8. Букатко В.Н., Данилова С.А. Лазерная доплеровская флоуметрия в изучении эффектов миллиметровой волновой терапии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2004. – N 4(36). – С. 28-39.
9. Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины / Под ред. С.П. Ситько. – Киев: ФАДА, ЛТД, 1999. – 199 с.
10. Ефанов О.И., Волков А.Г. Влияние КВЧ-терапии различных длин волн на клиническое течение пародонтита // Сб. докл. 11-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН, 1997. – С. 43-44.
11. Люсов В.А., Волов Н.А., Лебедева А.Ю. и др. Некоторые механизмы влияния миллиметрового излучения на патогенез нестабильной стенокардии // Сб. докл. 10-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН, 1995. – С. 26-27.
12. Смирнова М.Ю., Волов Н.Л., Лебедева А.Ю. Состояние микроциркуляторного русла у больных инфарктом миокарда на фоне терапии ЭМИ ММД. - 13 Российский симпозиум с междунар. участием «Миллиметровые волны в медицине и биологии», Москва, 1—3 декабря 2003 г., С.72.

13. Головачева Т.В., Петрова В.Д., Паршина С.С., Афанасьева Т.Н., Ляльченко И.Ф., Карченева Е.В. Электромагнитное излучение миллиметрового диапазона как метод патогенетической терапии заболеваний сердечно-сосудистой системы // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2000. - №1(17). – С.18-25.
14. Киричук В.Ф., Сушкова М.А., Суворов А.П. миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2002. - №2(26). – С.10-19.
15. Киричук В.Ф., Малинова Л.И., Креницкий А.П., Майбородин А.В., Тупикин В.Д. Гемореология и электромагнитное излучение КВЧ-диапаона. – С.: Изд-во Саратовского мед. университета, 2003. - 188с
16. Рыбалко С.Ю., Кацев А.И., Бисюк Ю.А., Горлов А.А., Чирский Н.В. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ диапазона ускоряет СОЭ и изменяет агрегацию эритроцитов человека // Таврический медико-биологический вестник. – 2002. – Т. 5, № 4. – С. 124 – 127.
17. Логинов В.В., Русяев В.Ф., Туманянц Е.Н. Влияние электромагнитного излучения КВЧ на эритроциты человека (in vitro) // Миллиметровые волны в биологии и медицине – 1999. – № 1 (13). – С.17-21.
18. Авдеев В.С., Калужный И.И., Креницкий А.П., Майбородин А.В., Тупикин В.Д. Изменение метаболических процессов в крови животных (in vitro) под воздействием ЭМИ КВЧ МСПИ O<sub>2</sub> // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2003. – № 3 (31). – С. 21-28.
19. Киричук В.Ф., Паршина С.С., Головачева Т.В. ЭМИ ММД в лечении стенокардии: отдаленные результаты. – Сб. докл. 11 Российского симпозиума с Междунар. участием «Миллиметровые волны в медицине и биологии». – М.: МТА КВЧ. – 1997. – С. 20-22.
20. Родштат И.В. Новые физиологические подходы к оценке КВЧ-воздействия на биологические объекты // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1998. - № 3. – С. 11-16.
21. Головачева Т.В. Хронобиологические аспекты КВЧ-терапии ишемической болезни сердца // Сб. докл. 11-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН, 1997. – С. 19-20.
22. Воронков В.Н., Хижняк Е.П. Морфологические изменения в коже при действии КВЧ ЭМИ // Сб. докл. между. симпоз. «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – С. 635-638.
23. Бецкий О.В., Яременко Ю.Г. Кожа и электромагнитные волны // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1998. – №1 (11). – С. 3-14.
24. Воронков В.Н., Завгородний С.В., Хижняк Е.П., Садовников В.Б., Зискин С.М. Ультроструктурные изменения кожи мышц, вызванные КВЧ-облучением // Сб. докл. 11-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН, 1997. – С. 117-119.
25. Хижняк Е.П., Бецкий О.В., Воронков В.Н. и др. О роли пространственного распределения поглощения ЭМИ в формировании биоэффектов при КВЧ-облучении // Сб. докл. Междунар. симпозиума «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – Т. 3. – С.630-635.
26. Лукьянов В.Ф., Гончарова Л.Н., Синицин Н.И., Голант М.Б. Изменение флюоресценции мембран эритроцитов и энергетического обмена эритроцитов больных ишемической болезнью сердца при лечении КВЧ // Миллиметровые волны в медицине и биологии. – М.: ИРЭ АН СССР, 1989. – С. 51-55.
27. Логинов В.В., Русяев В.Ф., Туманянц Е.Н. Влияние электромагнитного излучения КВЧ на эритроциты человека (in vitro) // Миллиметровые волны в биологии и медицине – 1999. – № 1 (13). – С.17-21.
28. Логінов В.В., Русяєв В.Ф., Шпак С.І., Шпак В.С. Вплив електромагнітного випромінювання надвисоких частот на коагуляційні та фібринолітичні властивості крові in vitro // Фізіол. журн. – 2001. – Т. 47. - № 6. – С. 35-38.
29. Антоняк Г.Л. Роль протеолитических ферментов в функциональной активности нейтрофильных гранулоцитов // Успехи современной биологии. – 1999. – Т. 119, № 5. – С. 476-486.
30. Крупаткин А.И., Сидоров В.В. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови. – М.: Медицина, 2005. – 254 с.

31. Струсов В.В., Уткин Д.В., Дремучев В.А. Хирургические аспекты применения КВЧ-терапии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1995.– № 6. – С. 48-49.
32. Новоселова Е.Г., Огай В.Б., Синотова О.А., Глушкова О.В., Сорокина О.В., Фесенко Е.Е. Влияние миллиметровых волн на иммунную систему мышей с экспериментальными опухолями // Биофизика. – 2002. – Т. 47, вып.5. – С. 933-942.
33. Julia C. McKey, Frank S. Prato, Alex W. Thomas A literature review: the effects of magnetic field exposure on blood flow and blood vessels in the microvasculature // Bioelectromagnetics. - 2007. – Vol.28. – P. 81-98.
34. Чаяло П.П., Грубник Б.П., Куценок В.А. Биохимическое обоснование применения микроволновой резонансной терапии при гастродуоденальной патологии // Фізика живого. – 2002. – Т. 10, N2. – С.113-118.
35. Ляпина Л.А., Пасторова В.Е. Кудряшов Б.А. Комплексные соединения гепарина и их физиологическое значение // Успехи физиол. наук. – 1989. – Т. 20, № 1. – С. 90-105.
36. Чуян Е.Н., Махонина М.М. Роль опиоидных пептидов в изменении концентрации цитокинов в плазме крови крыс при действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2006. – Т. 19 (58). – № 2. – С. 131-136.
37. Метод лазерной доплеровской флоуметрии в кардиологии. Пособие для врачей // Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова: Под ред. Маколкин В.И., Бранько В.В., Богданова С.А. и др. – М.:Россельхозакадемия, 1999. – 48 с.

Чуян О.М., Трибрат Н.С. Вплив ЕМВ НВЧ на процеси мікроциркуляції // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 156-166.

У статті наведено огляд літературних даних що до впливу низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ на процеси мікроциркуляції та представлені можливі механізми цього впливу.

Ключові слова: мікроциркуляція, низькоінтенсивні ЕМВ НВЧ, метод ЛДФ.

Chuyan E.N., Tribirat N.S. Influence EMV VLF on prosseses of mircocirulation // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P. 156-166.

In the article is presented a literature review about influensity a lowintensity EMR VLF on the process by the microcirculation and are presented a possible mechamisms of this influence.

Keywords: mircocirculation, lowintensity EMV VLF, method LDF

Пост упила в редакцію 26.03.2008 г.

УДК: 577.122.02:616.127-092

## ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ КАРБОНИЛИРОВАННЫХ БЕЛКОВ В СУБКЛЕТОЧНЫХ ФРАКЦИЯХ МИОКАРДА ПРИ ИММОБИЛИЗАЦИОННОМ СТРЕССЕ

Швец В.Н.

Исследования показали, что при иммобилизационном стрессе в постмитохондриальной фракции сердца крыс обеих возрастных групп происходит повышение концентрации карбонилированных белков, хотя в митохондриальной фракции она остается на исходном уровне. Причиной этого сдвига является понижение эффективности функционирования антиоксидантной системы цитозоля миокардиальных клеток при стрессе.

Ключевые слова: иммобилизационный стресс, сердце, старение, карбонилированные белки.

### ВВЕДЕНИЕ

При старении происходит повышение чувствительности сердца к действию стрессорных факторов [1, 2], что предопределяет широкое распространение сердечно-сосудистых заболеваний среди возрастной патологии [3]. Принимая во внимание современные представления о значении стимуляции свободнорадикальных процессов в патогенезе стрессорного повреждения миокарда [4 – 6], можно предположить взаимосвязь между возрастным повышением чувствительности сердца к свободнорадикальному повреждению и увеличением его чувствительности к действию стрессорных факторов при старении. Ранее уже были установлены особенности стимуляции перекисного окисления липидов (ПОЛ) в сердце крыс разного возраста при иммобилизационном стрессе [6, 7]. Однако, помимо липидов, в процесс свободнорадикального окисления интенсивно вовлекаются и другие классы органических веществ. Особое значение среди них имеют белки [8, 9]. Окислительная модификация белковых молекул вносит существенный вклад в механизм свободнорадикального повреждения клеток [10]. Более того, в литературе встречаются указания о большей чувствительности белков к свободнорадикальному окислению, чем липидов [11]. Учитывая это, с целью расширения существующих представлений о роли свободнорадикальных процессов в повреждении миокарда и возрастных аспектах данного вопроса, были изучены особенности накопления карбонилированных белков в субклеточных фракциях миокарда у взрослых и старых крыс, подвергнутых 30-минутной иммобилизации.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на 36 крысах самцах линии Вистар. Использовались животные двух возрастов: взрослые (10 - 12 мес.) и старые - (22 – 25 мес.). Обе группы животных в свою очередь делились на 2 подгруппы: 1 – интактные и 2 - крысы, подвергнутые иммобилизационному стрессу путем фиксации на спине в течение 30-ти минут.

Эффективность воспроизведения стресса контролировалась на основании измерения в крови концентрации 11-оксикортикостероидов.

Животные декапитировались. Извлекалось сердце. Миокард измельчался ножницами и гомогенизировался с 0,25 М сахарозы с 0,01М Трис (рН 7,4) в стеклянном гомогенизаторе Поттера-Эльвегейма. Гомогенат сердечной мышцы фильтровался через 4 слоя марли и центрифугировался 10 минут при 1000g. Супернатант повторно центрифугировался 20 минут при 10000 g. Надосадочная жидкость использовалась в исследованиях в качестве постмитохондриальной фракции, а осадок повторно промывался средой гомогенизации при тех же условиях. Отмытый осадок представлял собой грубую митохондриальную фракцию. Все процедуры проводились при 4-6оС.

В специальных экспериментах постмитохондриальная фракция использовалась для получения цитозольной фракции миокарда. С этой целью супернатант, полученный после центрифугирования при 10000 g, подвергался центрифугированию при 100000 g в течение часа на ультрацентрифуге MOM 3180 (Венгрия).

В пробах субклеточных фракций измерялось содержание карбонилированных белков по определению интенсивности светопоглощения их фенилгидразонов при 363 нм и 270 нм [12]. Помимо этого в постмитохондриальной фракции определялось содержание восстановленного глутатиона [13]. В цитозольной фракции миокарда измерялась активность каталазы [14] и супероксиддисмутазы [15]. Концентрация белка определялась по методу Лоури.

Полученные результаты подвергались статистической обработке с использованием непараметрического метода Вилкоксона-Манна-Уитни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1

Таблица 1.

Возрастные особенности изменения содержания карбонилированных белков (мкмоль/мг белка) в сердце крыс при иммобилизационном стрессе ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ )

Максимум поглощения фенилгидразона	Взрослые		Старые	
	Интактные	Стресс	Интактные	Стресс
Митохондриальная фракция				
363 нм	5,6 + 0,8	4,9 + 0,6	6,4 + 0,7	5,7 + 0,6
270 нм	0,065 + 0,009	0,083 + 0,016	0,058 + 0,016	0,054 + 0,004
Постмитохондриальная фракция				
363 нм	3,3 + 0,1*	4,0 + 0,2*	3,3 + 0,5	4,4 + 0,3*
270 нм	0,061 + 0,002	0,072 + 0,001*	0,054 + 0,004	0,073 + 0,003*

Примечание: В исследованиях использовалось 5 – 6 крыс, \* - P < 0,05 к интактным

Из нее видно, что содержание карбонилированных белков в митохондриальной и постмитохондриальной фракции сердца старых крыс достоверно не отличается от такового у взрослых животных ( $P > 0,05$ ). Однако при этом в митохондриальной фракции старых крыс выявляется тенденция к увеличению концентрации карбонилированных белков, максимум поглощения фенилгидразонов которых соответствует 363 нм.

После 30-минутной иммобилизации в митохондриальной фракции миокарда крыс обеих исследованных возрастных групп не происходит изменения содержания карбонилированных белков. В то же время, в постмитохондриальной фракции взрослых животных, подвергнутых иммобилизации, происходит увеличение концентрации карбонилированных белков, фенилгидразоны которых имеют максимум поглощения при 363 нм и 270 нм на 21% и 18% соответственно, по сравнению с их исходным уровнем. У старых иммобилизованных крыс происходит увеличение содержания карбонилированных белков, фенилгидразоны которых имеют максимум поглощения при 363 нм и 270 нм на 33% и 35% соответственно, по сравнению с величиной аналогичных показателей у интактных животных этого возраста.

Полученные данные указывают на то, что при иммобилизации взрослых и старых крыс у них не происходит изменения концентрации карбонилированных белков в митохондриальной фракции сердца. Однако их содержание возрастает в постмитохондриальной фракции миокарда. Причем, у старых животных, величина данного сдвига оказывается значительно выше, чем у взрослых.

Увеличение концентрации карбонилированных белков в постмитохондриальной фракции миокарда свидетельствуют о том, что при иммобилизационном стрессе в ней происходит повышение скорости свободнорадикального окисления белков. Одной из причин возникновения подобного сдвига может быть понижение эффективности функционирования антиоксидантной системы в цитозоле миокардиальных клеток.

Оценивая возможные причины изменения состояния антиоксидантной системы в миокарде крыс при стрессе можно предположить особую роль в том изменения концентрации восстановленного глутатиона [16] и нарушения функционирования ферментативной системы первой линии антиоксидантной защиты [17]. Учитывая это, далее было проведено их исследование в постмитохондриальной и цитозольной фракции миокарда взрослых и старых крыс, подвергнутых 30-минутной иммобилизации.

Как видно из данных, представленных на рис.1, в постмитохондриальной фракции сердца крыс обеих возрастных групп, подвергнутых иммобилизационному стрессу, происходит уменьшение содержания восстановленного глутатиона.

У старых животных этот сдвиг выражен в большей мере, чем у взрослых. Принимая во внимание характер полученных результатов, а также современные представления об особой роли глутатиона в защите клеток от свободнорадикального повреждения [16], можно прийти к заключению о том, что уменьшение его содержания при иммобилизационном стрессе выступает в качестве одной из основных причин стимуляции свободнорадикальных процессов в сердце и, как следствие того, накопления карбонилированных белков в постмитохондриальной фракции миокарда.

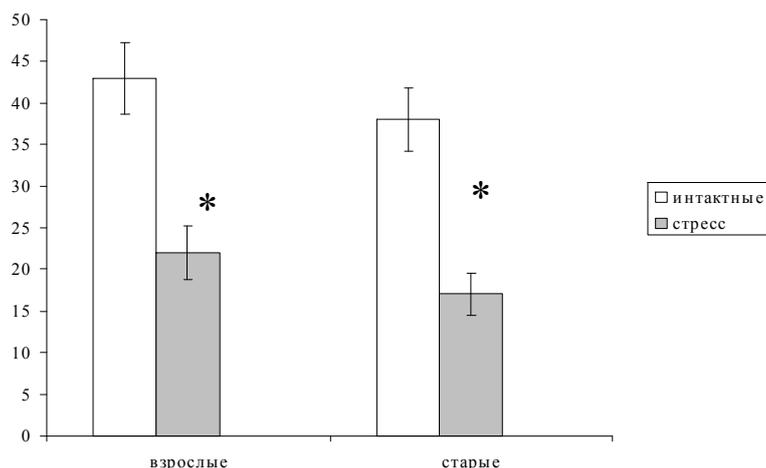


Рис.1. Содержание восстановленного глутатиона (нмоль / г белка) в постмитохондриальной фракции миокарда взрослых и старых крыс, подвергнутых иммобилизационному стрессу. В экспериментах использовалось по 5 – 6 крыс.

\* -  $P < 0,05$  к интактным

Другой причиной стимуляции свободнорадикальных процессов и, соответственно, накопления карбонилированных белков в постмитохондриальной фракции сердца может быть нарушение функционирования ферментов первой линии антиоксидантной защиты в цитозоле кардиомиоцитов. Проявлением того служит изменение соотношения между активностью СОД и каталазы в цитозольной фракции миокарда взрослых и старых иммобилизированных крыс, в большей мере выраженное у старых животных (рис.2).

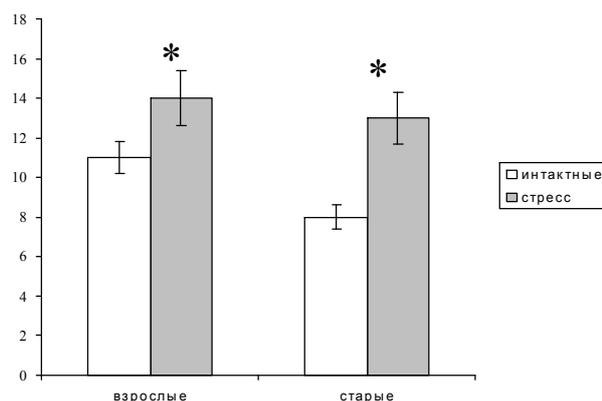


Рис.2. Соотношение активности каталазы и СОД (каталаза/СОД) в цитозольной фракции миокарда взрослых и старых крыс, подвергнутых иммобилизационному стрессу. В экспериментах использовалось по 5 – 6 крыс.

\* -  $P < 0,05$  к интактным

ВЫВОДЫ

1. Нарушение функционирования систем антиоксидантной защиты предопределяет повышение скорости свободнорадикального окисления белков и, как следствие того, накопление их карбонильных продуктов в постмитохондриальной фракции сердца животных, подвергнутых 30-минутной иммобилизации. Этот сдвиг отражает возникновение у них состояния оксидативного стресса. Подтверждением того служат и ранее полученные нами данные об усилении ПОЛ в миокарде взрослых и старых иммобилизованных крыс.
2. Интенсивность проявления оксидативного стресса в сердце старых, подвергнутых иммобилизации крыс, больше, чем у взрослых животных. Это, по всей вероятности, выступает в роли одного из основных факторов повышения чувствительности миокарда к стрессу при старении. Причины появления возрастных изменений со стороны антиоксидантной системы, лежащие в основе данного феномена, не ясны. Их изучению будут посвящены наши дальнейшие исследования

Список литературы

1. Lakatta E.G. Heart aging: a fly in the ointment // *Circ.Res.* – 2001. – vol.88. – P.984 - 986.
2. Lakatta E.G., Sollott S.J., Pepe S. The old heart: operation on the edge // *Novartis Found. Symp.* – 2001. – vol. 235. - P.172 - 196.
3. З.Фролькис В.В., Безруков В.В., Кульчицкий О.К. Старение и экспериментальная возрастная патология сердечно-сосудистой системы. - Киев: Наукова Думка, 1994. - 320 с.
4. Меерсон Ф.З. Патогенез и предупреждение стрессорных и ишемических повреждений сердца. - М.: Медицина, 1984. - 270 с.
5. Kovacs P., Juranek I., Stankovicova T., Svec P. Lipid peroxidation during acute stress // *Pharmazie.* – 1996. – vol. 51, N1. – P. 51 – 53.
6. Davydov V.V., Shvets V.N. Lipid peroxidation in the heart of adult and old rats during immobilization stress // *Exp.Gerontol.*- 2001.- Vol.36.- P.1155-1160.
7. Davydov V.V., Shvets V.N. Age-dependent differences in the stimulation of lipid peroxidation in the heart of rats during immobilization stress // *Exp.Gerontol.* - 2003. - Vol. 38, № 4. - P. 693-698.
8. Levine R.L. Carbonyl modified proteins in cellular regulation, aging, and disease// *Free Radical Biol. Med.* – 2002. - Vol. 32,N9. – P. 790-796.
9. Levine R.L., Stadtman E.R. Oxidative modification of proteins during aging// *Exp. Gerontol.* – 2001. - vol. 36,N9. – P. 1495-1502
10. Stable markers of oxidant damage to proteins and their application in the study of human disease/ M.J. Davies, S. Fu, H. Wang, R.T.Dean// *Free Radic.Biol. Med.* – 1999. – Vol.27,N11-12. – P.1151-1163.
11. Reinheckel T., Noack H., Lorenz S., Wiswedel I., Augustin W. Comparison of protein oxidation and aldehyde formation during oxidative stress in isolated mitochondria// *Free Radic. Res.* – 1998. – vol.29, N4. – P.297-305.
12. Дубинина Е.Е. Окислительная модификация белков плазмы крови больных с психиатрическими расстройствами // *Вопросы мед. химии.* – 2000. – № 4. – С. 36 – 47.
13. Verbunt R.I.A.M., van Dockum W.G., Bastiaanse E.M.L. et al. Glutathione disulfide as an index of oxidative stress during postischemic reperfusion in isolated rat hearts//*Mol.Cell.Cardiol.* –1995. – Vol.144. – P. 85 – 92.
14. Барабой В.А., Орел В.Э., Карнаух И.М. Перекисное окисление липидов и радиация. - Киев: Наукова Думка, 1991.- 256 с.
15. Костюк В.А. Простой и чувствительный метод определения активности супероксиддисмутазы, основанный на реакции окисления кверцетина // *Вопросы мед. химии.* - 1990.- Т.36, N2. - С. 28-35.

16. Seo Y.J., Lee J.W., Lee E.H. et al. Role of glutathione in the adaptive tolerance to H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>// Free Radic. Biol. Med. – 2004. – Vol.37, N8. – P. 1272 – 1281.
17. Мурадян Ф.Х., Утко Н.А., Мозжухина Т.Г. и др. Коррелятивные связи между активностью СОД, каталазы и глутатионпероксидазы в печени мышей// Укр. Биохим. Ж. – 2003 – Т.75, N2. – С. 33- 37.

Швец В.М. Вікові особливості накопичення карбонілірованих білків у субклітинних фракціях міокарду при іммобілізаційному стресі // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 169-173.

Дослідження показали, що при іммобілізаційному стресі у постмітохондріальній фракції серця щурів обох вікових груп проходить підвищення концентрації карбонілірованих білків, хоча в мітохондріальній фракції вона залишається на початковому рівні. Причиною цього зсуву є зниження ефективності функціонування антиоксидантної системи цитозолу міокардіальних клітин при стресі.

Ключові слова: іммобілізаційний стрес, серце, старіння, карбоніліровані білки.

Shvets V.N. Age-specific peculiarities of the accumulation of carbonylated proteins in subcellular fractions of myocardium under immobilization stress influence// Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.21 (60). – № 1. – P.169-173.

It was shown during the investigation the increase of carbonylated proteins concentration in the postmitochondrial fraction of rats' heart for both age groups of animals under immobilization stress influence. But there was no any change in a content of these proteins in the mitochondrial fraction of rats' heart at the same condition of the investigation. The reason for the described change of proteins content is the decrease of the efficiency of antioxidant system function in the cytoplasm of myocardial cells under stress influence.

Key words: immobilization stress, heart, ageing, carbonylated proteins.

Пост упила в редакцию 26.03.2008 г.

## РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ ОКСИДА СЕРЫ(IV) ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Федоренко А.М., Ронин А.М., Федоренко Л.П.

Проведены исследования по растворимости диоксида серы в серной кислоте при разных концентрациях и температурах. Усовершенствована технология электрохимического окисления диоксида серы до сульфат-иона в сернокислых растворах, разработан многокаскадный электролизер.

Ключевые слова: диоксид серы, окисление, электрохимия, серная кислота, технология, диоксид титана, экология.

### ВВЕДЕНИЕ

При производстве диоксида титана используется концентрированная серная кислота, производство которой в ЗАО „Крымский ТИТАН” выполняется контактным способом. При этом в серной кислоте всегда присутствует диоксид серы в значительных количествах. Диоксид серы в серной кислоте весьма агрессивен для технологического оборудования из металлических изделий. Кроме того он легко испаряется и токсичен, а потому существенно влияет на рабочую зону и экологию в целом; оказывает негативное воздействие на ход химических процессов и способствует появлению побочных химико-технологических процессов. В связи с этим актуальной проблемой является поиск надежных и экономически выгодных способов окисления серы(IV) до серы(VI).

На основании теоретических исследований [1, 2] было установлено, что химические приемы окисления диоксида серы являются нецелесообразными, т.к. при этом на производстве накапливаются дополнительные отходы [3, 4]. Нами установлено, что процесс окисления диоксида серы удобнее вести электрохимическим способом, т. к. при этом не накапливаются побочные вещества, увеличивается выход серной кислоты и уменьшается выброс диоксида серы в атмосферу.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При разработке режимов электрохимического окисления необходимым условием является определение растворимости диоксида серы в серной кислоте. Эти исследования проведены в течение 12 суток с замерами через 4 часа: 08<sup>00</sup>, 12<sup>00</sup>, 16<sup>00</sup>. Результаты представлены в табл. 1. На основании анализа данных табл. 1, можно

сделать вывод, что содержание  $\text{SO}_2$  с  $08^{00}$  до  $16^{00}$  систематически понижается. Об этом свидетельствуют результаты математической обработки столбцов табл. 1. Установлено, что изменения растворимости  $\text{SO}_2$  подчиняется функции  $F = a - bx$ . Так, для времени  $08^{00}$  ч. она имеет вид  $F = 0,1004 - 0,0013x$ ; для  $12^{00}$   $F = 0,1732 - 0,0085x$ , а для  $16^{00}$   $F = 0,1378 - 0,0053x$ . Все функции имеют отрицательный угловой коэффициент наклона. Такое изменение растворимости  $\text{SO}_2$  в серной кислоте можно объяснить повышением температуры атмосферы.

Таблица 1.  
Растворимость диоксида серы (w,%) в серной кислоте в течение времени

Сутки	$08^{00}$	$12^{00}$	$16^{00}$
1	0,035	0,100	0,120
2	0,130	0,200	0,150
3	0,095	0,300	0,130
4	0,110	0,074	0,140
5	0,140	0,066	0,072
6	0,110	0,120	0,099
7	0,088	0,099	0,110
8	0,061	0,100	0,091
9	0,086	0,094	0,077
10	0,096	0,076	0,064
11	0,049	0,088	0,090
12	0,100	0,096	0,095
$\Sigma n = 12$	$\Sigma \frac{w, \%}{12} = 0,092$	$\Sigma \frac{w, \%}{12} = 0,118$	$\Sigma \frac{w, \%}{12} = 0,177$

Растворимость  $\text{SO}_2$  в зависимости от температуры серной кислоты представлена в табл. 2.

Таблица 2.  
Растворимость диоксида серы (w, %) в серной кислоте при различных температурах

Массовая доля серной кислоты, %	Растворимость диоксида серы при разных температурах, °C						
	10	20	30	40	50	80	110
0	15,30	10,5	7,50	5,60	4,50	2,00	1,40
10,0	12,3	8,72	6,40	4,57	3,72	1,67	1,28
20,0	11,28	7,79	5,66	4,11	3,32	1,47	1,15
30,0	10,25	6,85	5,04	3,66	2,92	1,28	1,02
40,0	9,25	5,81	4,17	3,20	2,44	1,09	0,89
50,0	8,25	4,90	3,76	2,73	2,13	0,96	0,76
60,0	7,25	4,31	3,26	2,47	1,80	0,89	0,69
70,0	6,11	3,24	2,46	1,72	1,38	0,67	0,49
80,0	4,84	2,63	2,23	1,64	1,25	0,61	0,43
90,0	4,72	2,52	1,96	1,49	1,16	0,62	0,37
100	6,99	3,82	2,72	2,02	1,72	0,99	0,54

И данных табл. 2 следует, что растворимость  $\text{SO}_2$  существенно зависит от температуры раствора и описывается функцией четвертого порядка с отрицательным угловым коэффициентом. Растворимость  $\text{SO}_2$  в зависимости от концентрации серной кислоты имеет вид функции второго порядка. Следовательно температурный фактор более активно проявляется при описании растворимости  $\text{SO}_2$  и поэтому он должен быть учтен в первую очередь при электрохимическом окислении  $\text{SO}_2$  до сульфат-иона.

Не менее важной составляющей в исследованиях является задача выявления экономически целесообразных приемов окисления диоксида серы, прежде всего за счет поиска конструктивных особенностей электролизеров. В связи с этим нами были проведены исследования по созданию высокопроизводительных электролизеров [4], в которых выход по току должен быть не менее 90 %. В результате установлено, что перспективными электролизерами являются прямоугольный многокаскадный и кольцевой каскадный. В них учтено двухстороннее направление движения серной кислоты. В конструкции электролизеров также учтены предложения ЗАО «Крымский ТИТАН», относительно использования их для восстановления ионов титана(IV) до титана(III) и железа(III) до железа(II). Особенности электролизеров позволяют легко модифицировать их для осуществления окислительных и восстановительных процессов без особых изменений конструкции. При разработке электролизеров обращено внимание на сбор водорода с целью его использования в качестве топлива. Проведены исследования стойкости материалов для электродов в сернокислых растворах. Постоянно проводится исследования каталитической активности катодных и анодных материалов при восстановлении и окислении химических веществ. Для проведения исследований нами был разработан и изготовлен пилотный электролизер, который представлен на рис.1. Его особенностью является то, что он состоит из пористых анодов, через которые проходит раствор серной кислоты, содержащий диоксид серы. На электродах протекают следующие процессы.

Анод:  $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HSO}_4^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ ,

Катод:  $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$ .

Процесс электролиза протекает с тремя положительными эффектами:

- удаление диоксида серы из серной кислоты;
- синтез серной кислоты;
- получение молекулярного водорода, который можно использовать как высококалорийное топливо.

При исследования материалов для изготовления катодов (2) и анодов (3) выявлено, что наиболее эффективным является титан и его сплавы. В этом случае анод изготовлен в виде мелкоячеистой сетки. При переработке на предприятиях больших количеств синтезированной серной кислоты рекомендуется использовать секции многокаскадных электролизеров с восходящим и нисходящим направлением движения растворов. Их принцип работы заимствован с электролизера, представленного на рис. 1.

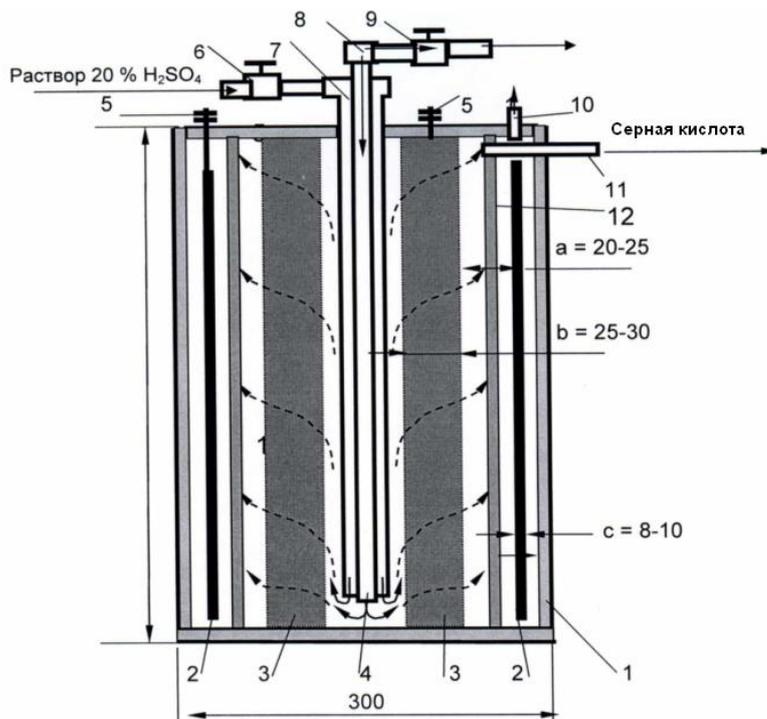


Рис 1. Электролизер: 1 – корпус электролизера; 2 – катод; 3 – анод; 4 и 7- трубка подачи серной кислоты с диоксидом серы; 5 – токоподводящие клеммы; 6 – кран; 8 и 9 – трубка и кран для подачи воздуха; 10 – трубка для отвода водорода; 11 – трубка сливная; 12 – мембрана.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований выявлена возможность использования электрохимических окислительно-восстановительных процессов обработки серной кислоты, содержащей диоксид серы. Окисление  $\text{SO}_2$  позволяет существенно снизить выбросы токсичных веществ в атмосферу, повысить выход серной кислот и попутно получить высококалорийное топливо (молекулярный водород).

## Список литературы

1. Смола В.И., Кельцев, Н.В. Защита атмосферы от двуокиси серы. – М.: Металлургия, 1976. – 255 с.
2. Спиридонов Ф.М., Злопанов В. П. Химия халькогенов / Учебное пособие по неорганической химии под редакцией академика Третьякова Ю.Д. - М.: МГУ, 2000. – 120 с.
3. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах: Справочник. – Л.: Химия, 1979. – 160 с.
4. Прикладная электрохимия: Учеб. пособие / А.М. Федоренко. - Симферополь: Издат. центр КГМУ, 2000.- 120 с.

Федоренко О.М., Ронін А.М., Федоренко Л.П. Розвиток технології електроокислення оксиду сірки(IV) при виробництві сірчаної кислоти // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 1. – С. 175-178.

Проведено дослідження розчинності діоксиду сірки в сірчаній кислоті при різноманітних концентраціях і температурах. Удосконалено технологію електрохімічного окислення діоксиду сірки до сульфат-іону в сірчаноокислих розчинах, розроблено багатокаскадний електролізер.

Ключові слова: діоксид сірки, окислення, електрохімія, сірчана кислота, технологія, екологія.

Fedorenko A.M., Ronin A.M., Fedorenko L.P. Development of technology of electro-oxidization of sulfur(IV) oxide at the production of sulfuric acid // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2008. – V.20 (59). – № 3. – P. 175-178.

Conducted research on solubility of sulfur dioxide in sulfuric acid at any concentrations and temperatures. Technology of electrochemical oxidization of sulfur dioxide to sulfate-ion in sulfuric acid solutions making up, multistage electrolyzer is developed.

Keywords: sulfur dioxide, oxidization, electrochemistry, sulfuric acid, technology, ecology.

Пост упило в редакцию 30.03.2008 г.

УДК 546.562 + 547.288.3 + 548.737

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТРИЯДЕРНОГО КОМПЛЕКСА МЕДИ(II) С ДИАЦИЛДИГИДРАЗИНОМ ГЛУТАРОВОЙ И САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТ

Шульгин В.Ф., Русанов Э.Б., Обух А.И., Конник О.В.

Описаны результаты рентгеноструктурного исследования комплекса меди(II) с диацилдигидразином глутаровой и салициловой кислот состава  $[Cu_3L_4Py] \cdot 2Py$ . Кристаллы триклинные:  $a = 11.6302(14)$ ,  $b = 12.2326(16)$ ,  $c = 16.548(2)$  Å,  $\alpha = 82.770(4)$ ,  $\beta = 78.285(4)^\circ$ ,  $\gamma = 88.019(4)$ . Пространственная группа P-1, Z = 2. Число симметрично независимых отражений  $c 2\sigma(I) > 2$  равно 4565, R = 0.0463;  $R_w = 0.1259$ . Комплекс имеет молекулярное строение и содержит три неэквивалентных атома меди. Расстояние Cu<sub>2</sub>...Cu<sub>3</sub> составляет 8,506 Å, расстояния Cu<sub>2</sub>...Cu<sub>1</sub> и Cu<sub>3</sub>...Cu<sub>1</sub> равны 4,612 и 4,588 Å соответственно. Координационные полиэдры двух атомов меди имеют тетрагонально пирамидальную геометрию, третий атом меди имеет плоское квадратное окружение. Интересной особенностью исследуемого комплекса является вынужденное замыкание изогнутого восьмичленного хелатного цикла, включающего атомы углерода полиметиленового спейсера.

Ключевые слова: медь(II), диацилдигидразины, кристаллическая структура, восьмичленный хелатный цикл.

### ВВЕДЕНИЕ

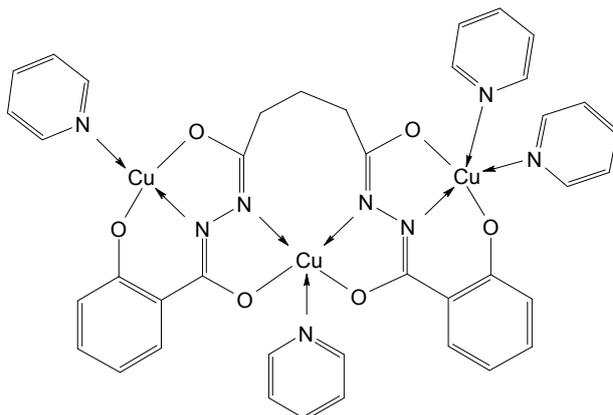
В настоящее время структурно охарактеризованы несколько типов спейсированных димеров меди(II) с полиметиленовым спейсером:

- спейсированные биядерные комплексы меди(II) с бинуклеирующими тетраазамакроциклическими лигандами [1,2];
- спейсированные биядерные комплексы меди(II) с салицилиденгидразами предельных дикарбоновых кислот [3,4];
- спейсированные биядерные комплексы меди(II) с ацилдигидразами предельных дикарбоновых кислот и жирно-ароматических кетонов [5-7];
- спейсированные биядерные комплексы меди(II) с ацилдигидразами предельных дикарбоновых кислот и β-дикетонов [8].

С целью расширения круга спейсированных биядерных комплексов меди нами была изучена реакция нитрата меди(II) с диацилдигидразином глутаровой и салициловой кислот, структурно близким к бис(салицилиден)гидразону глутаровой кислоты.

Можно было ожидать, что увеличение основности бинуклеирующего лиганда создаст благоприятные возможности для синтеза новых типов спейсированных димеров меди(II). Результаты исследования превзошли самые смелые ожидания и

привели к первому представителю трехядерных комплексов меди(II) с диацилдигидразинами дикарбоновых кислот.



### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что исследуемый комплекс имеет молекулярное строение и состоит из асимметричных трехядерных молекул  $[Cu_3L \cdot 4Py]$ . Две молекулы пиридина занимают полости кристаллической решетки, не координированы и разупорядочены по двум позициям. Общий вид комплекса и нумерация атомов представлены на рис. 1. Наиболее важные длины связей и валентные углы приведены в табл. 1. Атомы меди структурно неэквивалентны и пространственно разделены. Расстояние  $Cu2 \dots Cu3$  составляет 8,506 Å, расстояния  $Cu2 \dots Cu1$  и  $Cu3 \dots Cu1$  равны 4,612 и 4,588 Å соответственно.

Координационный полиэдр атома меди  $Cu(2)$  имеет квадратную геометрию и образован донорными атомами диацилдигидразинного и фенольного фрагмента одного из хелатофорных узлов диацилдигидразина, а также атомом азота прочно координированной молекулы пиридина. Атом меди лежит в плоскости  $N1O1N3O3$  и отклоняется от нее только на 0.025 Å. Пяти- и шестичленные хелатные циклы практически копланарны, угол между их плоскостями равен  $5.0^\circ$ .

Геометрия координационного полиэдра атома  $Cu3$  отвечает тетрагональной пирамиде, основание которой образовано донорными атомами второй хелатофорной группировки бинуклеирующего лиганда и атомом азота прочно координированной молекулы пиридина (длина связи  $Cu3-N7$  равна 2.021 Å). Атом азота второй молекулы пиридина слабо координирован и занимает вершину пирамиды (длина связи  $Cu3-N8$  2.346 Å). Атом меди  $Cu3$  несколько приподнят над основанием пирамиды и смещен от базальной плоскости на 0.179 Å в сторону апикального атома азота. Пяти- и шестичленные хелатные циклы лежат практически в одной плоскости, угол между ними составляет  $2.2^\circ$ .

Координационный полиэдр атома  $Cu1$  может быть описан как квадратная пирамида, искаженная в сторону тригональной бипирамиды. Основание пирамиды образовано транс-расположенными атомами азота ( $N2$  и  $N6$ ) и кислорода ( $O2$  и  $O5$ ) депротонированных имиждольных группировок лиганда. Образующиеся

пятичленные металлоциклы плоские, но некопланарны и ориентированы под углом  $30,6^\circ$  друг к другу. Связи Cu1N2 и Cu1N6 (2,000 и 1,941 Å соответственно) короче связи Cu1N4 (2,270 Å). Последняя заметно короче обычных связей атома меди с атомом азота, расположенным в вершине тетрагональной пирамиды (2,342 – 2,343 Å) в комплексах данного типа [5-8].

Интересным следствием координации атома меди Cu1 донорными атомами разных хелатоформных группировок бинуклеирующего лиганда является вынужденное замыкание изогнутого восьмичленного хелатного цикла, включающего атомы углерода полиметиленовой цепочки (рис. 1).

Таблица 1.  
Основные длины связей (d) и валентные углы ( $\omega$ ) в молекуле комплекса [Cu<sub>3</sub>L·3Py]

Связь	d, Å	Угол	$\omega$ , град.
Cu1-O2	1.946(3)	N6 Cu1 O2	174.91(13)
Cu1-O5	1.987(3)	N6 Cu1 O5	80.83(12)
Cu1-N2	2.000(3)	O2 Cu1 O5	94.35(11)
Cu1-N4	2.270(3)	N6 Cu1 N2	103.91(14)
Cu1-N6	1.941(3)	O2 Cu1 N2	81.06(12)
Cu2-O1	1.884(3)	O5 Cu1 N2	148.59(12)
Cu2-N1	1.892(3)	N6 Cu1 N4	90.28(13)
Cu2-O3	1.958(3)	O2 Cu1 N4	89.45(12)
Cu2-N3	1.999(4)	O5 Cu1 N4	105.72(12)
Cu3-O4	1.907(3)	N2 Cu1 N4	105.29(13)
Cu3-N5	1.910(3)	O1 Cu2 N1	92.89(13)
Cu3-O6	1.998(3)	O1 Cu2 O3	172.50(12)
Cu3-N7	2.021(3)	N1 Cu2 O3	81.48(12)
Cu3-N8	2.346(4)	O1 Cu2 N3	91.07(13)
N1-N2	1.415(4)	N1 Cu2 N3	171.74(14)
N5-N6	1.398(5)	O3 Cu2 N3	95.15(13)
C7-O2	1.282(5)	O4 Cu3 N5	91.38(13)
C7-N1	1.330(5)	O4 Cu3 O6	172.03(12)
C8-O3	1.290(5)	N5 Cu3 O6	81.16(13)
C8-N2	1.328(5)	O4 Cu3 N7	94.66(13)
C18-O5	1.284(4)	N5 Cu3 N7	161.61(15)
C18-N5	1.323(5)	O6 Cu3 N7	91.64(12)
C19-O6	1.267(5)	O4 Cu3 N8	97.34(13)
C19-N6	1.320(5)	N5 Cu3 N8	99.74(13)
		O6 Cu3 N8	86.75(12)
		N7 Cu3 N8	96.70(13)
		N2 N1 Cu2	114.8(2)
		N1 N2 Cu1	109.8(2)
		N6 N5 Cu3	113.8(2)
		N5 N6 Cu1	112.9(2)

Плоское строение хелатирующих группировок лиганда способствует делокализации двойных связей. Вследствие этого связи N(1)-N(2) (1.415 Å) и N5-N6 (1.398 Å) короче стандартной одинарной связи азот-азот (1.451 Å). В то же время длины связей C(7)-N(1) (1.330 Å) и C(8)-N(2) (1.328 Å) близки к значению стандартной двойной связи углерод-азот (1.34 Å) [10].

Делокализация двойных связей в комплексах меди(II) часто приводит к упаковке плоских хелатных циклов в стопки за счет сил невалентного  $\pi/\pi$ -взаимодействия (стэкинг) [7]. В исследуемой кристаллической структуре две комплексные молекулы, связанные центром симметрии, сближены и плоскости координационных полиэдров атомов меди расположены на расстоянии 2,97 Å, однако смещены друг относительно друга таким образом, что стэкинг-взаимодействие становится невозможным. Тем не менее, атомы меди оказываются пространственно сближенными (расстояние Cu2...Cu2' равно 3,97 Å).

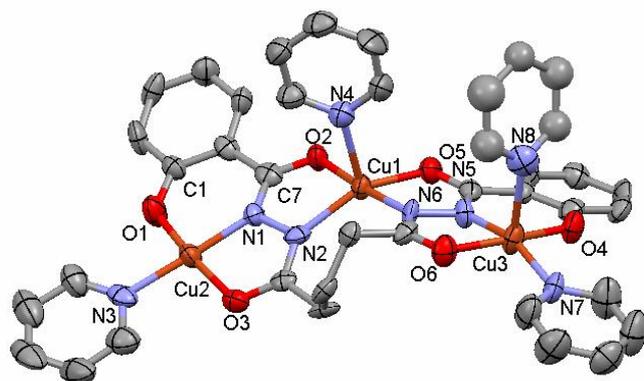


Рис.1. Общий вид комплекса  $[Cu_3L \cdot 3Pu]$  и нумерация атомов (атомы водорода опущены для облегчения восприятия рисунка).

## ВЫВОДЫ

Методом рентгеноструктурного анализа изучены особенности молекулярной и кристаллической структуры комплекса меди(II) с диацилдигидразином глутаровой и салициловой кислот – первого представителя триядерных комплексов меди(II) с новым типом тринуклеирующих лигандов.

## Список литературы

1. Mikuriya M., Hamada K., Kida S. The Crystal Structures of a Dicopper(II) Complex Containing Two  $N_4$ -Macrocyclic Rings Connected with an Ethylene Chain // *Bull. Chem. Soc. Japan.* - 1985. - Vol. 58, № 6. - P. 1839-1840.
2. EPR Evidence for Magnetic Exchange through a Four-Carbon Aliphatic Bridge in an Binuclear Copper(II) Complex. Single Crystal X-ray Structure of 7,7'-(1,4-butanediyl)-bis{2,12-dimethyl-3,7,11,17-tetraazabicyclo-[11.3.1]-heptadeca-1(17),2,11,13,15-pentane}nickel(II)} perchlorate monohydrate / K.A. Foster, D.R. Brown, M.D. Timken et al. // *J. Coord. Chem.* – 1988. – Vol. 19, № 1. – P. 123-137.

- Larin G.M., Shul'gin V.F., Sarnit E.A. Weak long-range spin-spin exchange interactions in a copper(II) complex // *Mendeleev Commun.* – 1999. – № 4. – P. 129-130.
- Ларин Г.М., Шульгин В.Ф., Сарнит Е.А. Структура и спектр ЭПР биядерных комплексов меди(II) с бис(салицилиден)гидразоном глутаровой кислоты // *Журн. неорган. химии.* – 2000. – Т. 45, № 6. – С. 1010-1015.
- Ларин Г.М., Шульгин В.Ф., Гусев А.Н., Чернега А.Н. Строение и спектр ЭПР биядерного комплекса меди(II) с адипоилбисгидразоном 2-гидроксипропиофенона // *Докл. РАН.* – 2003. – Т. 390, № 3. – С. 627-630.
- Ларин Г.М., Шульгин В.Ф., Гусев А.Н., Чернега А.Н. Молекулярное строение и спектры ЭПР комплексов меди(II) с ацилдигидразами 2-гидроксипропиофенона // *Известия Академии наук. Серия химическая.* – 2004. – № 5. – С. 740-743.
- Шульгин В.Ф., Гусев А.Н., Чернега А.Н., Ларин Г.М. Спейсерированные биядерные комплексы меди(II) с ацилдигидразами алифатических дикарбоновых кислот и 2-гидроксис-5-нитроацетофенона // *Известия РАН. Серия химическая.* 2007, № 2, С. 229 - 233.
- Шульгин В.Ф., Мельникова Е.Д., Ларин Г.М., Чернега А.Н. Молекулярная и кристаллическая структура биядерного комплекса меди(II) с ацилдигидразоном янтарной кислоты и трифторацетилацетона // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология и химия».* Т. 19 (58), № 2. – С. 139-143.
- Sheldrick G.M., SHELX97. Program for the Solution of Crystal Structures. Göttingen University, Göttingen (Germany), 1997.
- Tables of lengths determined by X-ray and neutron diffraction. Part 1. Bond lengths in organic compounds / F.H. Allen, O. Kennard, D.G. Watson et al. // *J. Chem. Soc. Perkin Trans.* – 1987. – Pt. 2, № 12. – S. 1-19.

Шульгин В.Ф., Русанов Э.Б., Обух А.И., Конник О.В. Молекулярна і кристалічна структура триядерного комплексу купрум(II) з діацилдигідразіном глутарової та салицилової кислот // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”.* – 2007. – Т. 20 (59). – № 3. – С. 180-183.

Описано результати рентгеноструктурного аналізу комплексу купрум(II) з діацилдигідразіном глутарової та салицилової кислот складу  $[\text{Cu}_3\text{L}\cdot 4\text{Py}]\cdot 2\text{Py}$ . Кристали триklinні:  $a = 11.6302(14)$ ,  $b = 12.2326(16)$ ,  $c = 16.548(2)$  Å,  $\alpha = 82.770(4)$ ,  $\beta = 78.285(4)^\circ$ ,  $\gamma = 88.019(4)$ . Просторова група P-1, Z = 2. Число симетрично незалежних відбитків з  $2\sigma(\text{I}) > 2$  складає 4565, R = 0.0463;  $R_w = 0.1259$ . Комплекс має молекулярну будову і містить три нееквівалентні атоми купрум. Координаційні поліедри двох атомів купрум мають тетрагонально пірамідальну геометрію, третій атом купрум має плоске квадратне оточення. Цікавою особливістю дослідженого комплексу є примусове замкнення ламаного восьми членного хелатного циклу, який залучає атоми карбону поліметиленового спейсеру.

Ключові слова: мідь(II), діацилдигідразини, кристалічна структура, восьмичленний хелатний цикл.

Shul'gin V.F., Rusanov E.B., Obuch A.I., Konnic O.V. Molecular and crystalline structure of the trinuclear copper(II) complexes of the glutaric and salicylic acid diacylbishydrazine // *Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry».* – 2007. – V.20 (59). – № 3. – P. 180-183.

The results of X-ray investigation of the trinuclear copper(II) complex of the glutaric and salicylic acid diacylbishydrazine with the composition of  $[\text{Cu}_3\text{L}\cdot 4\text{Py}]\cdot 2\text{Py}$  were shown. It was found that crystals are triclinic:  $a = 11.6302(14)$ ,  $b = 12.2326(16)$ ,  $c = 16.548(2)$  Å,  $\alpha = 82.770(4)$ ,  $\beta = 78.285(4)^\circ$ ,  $\gamma = 88.019(4)$ . Space group P-1, Z=2. Number of the symmetrically independent reflections with  $2\sigma(\text{I}) > 2$  is 4565, R = 0.0463;  $R_w = 0.1259$ . The complex have a molecular structure and consist of three non equivalent copper atoms. Cu2...Cu3 distance is 8.506 Å, Cu2...Cu1 and Cu3...Cu1 distances are 4.612 and 4.588 Å respectively. Two copper atoms have a pyramidal geometry of co-ordination polyhedron, third copper atom have a square environment. The interesting complex peculiarity is a forced closing of the eight-member chelate ring that includes carbon atoms of the polymethylene spacer.

Keywords: copper(II), diacylbishydrazine, crystalline structure, eight-member chelate ring.

Пост упило в редакцію 30.03.2008 г.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бирюкова Елена Александровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент Центра коррекции функционального состояния человека, тел. (0652) 602-103.
Бойко Георгий Евгеньевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и рационального природопользования, тел. (0652) 637573.
Бугара Александр Михайлович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой физиологии растений и биотехнологии, e-mail: btc@tnu.crimea.ua, тел. (0652)608-468.
Бугара Игорь Александрович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры ботаники, e-mail: btc@tnu.crimea.ua.
Владимирский Борис Михайлович	НИИ «Крыская астрофизическая обсерватория», доктор физико-математических наук, e-mail: bvlad@crao.crimea.ua.
Вінніков Альберт Іванович	Дніпропетровський національний університет, доктор біологічних наук; професор, зав. кафедрою мікробіології та вірусології, тел. (0562) 450205, e-mail: a_vinnikov@ukr.net.
Гамма Татьяна Викторовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652)230290.
Генералов Олег Васильевич	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, кандидат медицинских наук; доцент, заведующий отделением лабораторных исследований УНЛК, тел. (0652)294949.
Джелдубаева Эльвиза Рашидовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652) 230-365, e-mail: timur@crimea.edu.
Демцун Наталья Александровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652) 230-365.
Ена Василий Георгиевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор географических наук, профессор, тел. (0652) 608000.

Заячникова Татьяна Валентиновна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент Центра функционального состояния человека, тел. (0652) 602-103, e-mail: timur@crimea.edu.
Ивашов Анатолий Васильевич	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой экологии и рационального природопользования, тел. (0652) 637573.
Катюшина Оксана Валериевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка 4 курса специальности «Биофизика», тел. (0652) 630690.
Коваленко Анна Алексеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент Центра коррекции функционального состояния человека, тел. (0652) 602-103.
Калиберденко Елена Викторовна	Южная опытная станция Института сельскохозяйственной микробиологии УААН, кандидат сельскохозяйственных наук, мл. научный сотрудник, тел. (0652) 32-34-76.
Колотилова Оксана Ивановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник по ПНИЛ, тел. (0652)630-690.
Конник Олег Владимирович	Севастопольский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации, директор, кандидат химических наук, доцент. 99008, Севастополь, ул. 6-я Бастионная, 32, E-mail: stmet@sebastopol.ua.
Коренюк Иван Иванович	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652)630-690.
Котов Сергей Федорович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой ботаники, декан биологического факультета, тел. (0652) 608505, e-mail: sftkv@ukr.net.
Куличенко Александр Михайлович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: kulichenkoa@mail.ru, тел. (0652) 637556.
Куркчи Оксана Эдуардовна	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, ассистент кафедры гигиены и экологии, тел. (0652)294949.
Мартынюк Виктор Семенович	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, кандидат биологических наук, доцент кафедры биофизики., e-mail: mavis@science-center.net.

Махонина Марина Михайловна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652) 230-365, e-mail: timur@crimea.edu.
Обух Андрей Иванович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры общей химии.
Отурина Ирина Павловна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии растений и биотехнологии, тел. (0652) 60-84-65.
Павленко Владимир Борисович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук; профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652) 637-556.
Пархоменко Татьяна Юрьевна	Южная опытная станция Института сельскохозяйственной микробиологии УААН, кандидат сельскохозяйственных наук, ст. научный сотрудник, тел. (0652) 32-34-76, e-mail: tat.parkhomenko@rambler.ru.
Полішко Тетяна Миколаївна	Дніпропетровський національний університет, кандидат біологічних наук, доцент кафедри клінічної лабораторної діагностики, тел. (0562) 7135120.
Пышкин Владимир Борисович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и рационального природопользования, тел. (0652) 637573, e-mail: biskrim@crimea.edu.
Раваева Марина Юрьевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук; младший научный сотрудник по ПНИЛ, ассистент Центра коррекции общего функционального состояния человека, e-mail: mravaeva@ukr.net, тел. (0652) 230290.
Ронин Арсен Михайлович	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, аспирант кафедры физической и аналитической химии, e-mail: arsen_ronin@mail.ru, тел. (06567)34284.
Русанов Эдуард Борисович	Институт органической химии НАН Украины, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории рентгеноструктурных исследований. 02094, Киев, ул. Мурманская, 5, E-mail: xray@bpci.kiev.ua.
Сірокваша Олена Альбертівна	Дніпропетровський національний університет, кандидат медичних наук, доцент кафедри клінічної лабораторної діагностики, тел. (0562) 450205.

Темурьянц Наталья Арменаковна	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652)230-365.
Трибрат Наталья Сергеевна	Таврический Национальный Университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, e-mail: 3brat@rambler.ru.
Федоренко Александр Михайлович	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, доктор химических наук, профессор кафедры физической и аналитической химии, e-mail: fedoram37@gmail.com, тел. (0652)520264.
Федоренко Лариса Павловна	Крымский институт информационно-полиграфических технологий; кафедра полиграфических технологий, e-mail: fedoram37@gmail.com.
Фокина Юлия Олеговна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: fokina1985@mail.ru, тел. (0652) 63-75-56.
Хусаинов Денис Рашидович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, старший преподаватель кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tgamma@ukr.net, тел. (0652) 630-690.
Хусаинова Катерина Рашидовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка 4 курса специальности «Биофизика», тел. (0652)630690.
Чуян Елена Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652) 230-365, e-mail: timur@crimea.edu.
Чуян Евгений Викторович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652) 230-365, e-mail: timur@crimea.edu.
Швец Владимир Николаевич	Запорожский государственный медицинский университет, кандидат биологических наук, ассистент кафедры биохимии, тел. (050) 4868477.
Шерстобоев Николай Клавдиевич	Южная опытная станция Института сельскохозяйственной микробиологии УААН, кандидат сельскохозяйственных наук, ст. научный сотрудник, тел. (0652) 32-34-76.
Шульгин Виктор Федорович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии, e-mail: vshul@crimea.edu, тел. (0652) 230-316.

Юрахно  
Михаил  
Владимирович

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского,  
доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой  
зоологии, тел. (0652) 608165.

Ященко  
Светлана  
Григорьевна

Крымский государственный медицинский университет им. С.И.  
Георгиевского, кандидат медицинских наук; доцент кафедры  
гигиены и экологии, тел. (0652)294949.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИМЕНА И ДАТЫ

(к 90-летию Таврического национального университета  
им. В.И. Вернадского)

Владимирский Б.М., Чуян Е.Н. А.Г. ГУРВИЧ И ЕГО ВЫДАЮЩИЕСЯ УЧЕНИКИ – Г.М. ФРАНК И А.А. ЛЮБИЩЕВ.....	3
Ена В.Г. ТРИ КРЫМСКИХ ФРАНКА (КРЫМСКИЕ СТРАНИЦЫ ЖИЗНИ ПРОФЕССОРА М.Л. ФРАНКА И ЕГО СЫНОВЕЙ: АКАДЕМИКА Г.М. ФРАНКА И АКАДЕМИКА И.М. ФРАНКА).....	10
Темурьянц Н.А. БИОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В УНИВЕРСИТЕТЕ В НАШИ ДНИ .....	18
Кот ов С.Ф. БОТАНИКИ ТАВРИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА (К 90-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ БОТАНИКИ).....	24
Юрахно М.В. ВЕДУЩИЕ ЗООЛОГИ ТНУ (К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОСНОВАНИЯ).....	31
Ивашов А.В., Пышкин В.Б., Бойко Г.Е. КОЛЕСНИКОВ БОРИС ПАВЛОВИЧ – ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНый-ЛЕСОВОД И ЭКОЛОГ .....	37

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бугара И.А., Бугара А.М. МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И ЦИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУР МЯТЫ.....	44
Гамма Т.В., Коренюк И.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТОВ 2,3,4,5-3-ТЕТРАГИДРО-1Н-1,5- БЕНЗОДИАЗЕПИНОНА-2 И ФАРМПРЕПАРАТА ДИАЗЕПАМА .....	53
Генералов О.В., Куркчи О.Э., Яценко С.Г. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАБОТЕ НА ПЕРСОНАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ, НА ЭКСКРЕЦИЮ 6 – ГИДРОКСИМЕЛАТОНИНСУЛЬФАТА .....	59
Демцун Н.А., Махонина М.М., Темурьянц Н.А., Март ынюк В.С. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ ПЛАНАРИЙ DUGESIA TIGRINA .....	65

Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н., Чуян Е.В. ЗАВИСИМОСТЬ АНАЛГЕТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭМИ КВЧ ОТ НАЛИЧИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ ЭМИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ КУРСОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	75
Колот илова О.И., Коренюк И.И. МОДИФИКАЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БЕМИТИЛА.....	82
От урина И.П., Калиберденко Е.В., Пархоменко Т.Ю., Шерст обоев Н.К. ВЛИЯНИЕ МИКРОБОВ-АНТАГОНИСТОВ РОДА VACILLUS НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ИНФЕКЦИОННОГО ФОНА.....	87
Полішко Т.М., Сірокваша О.А., Вінніков А.І. ОСОБЛИВОСТІ ІОННОГО ФОСФОРІЛЮВАННЯ У СТАФІЛОКОКІВ ПРИ ДИСБІОЗІ УРОГЕНІТАЛЬНОГО ТРАКТА ЖІНОК.....	98
Фокина Ю.О., Павленко В.Б., Куличенко А.М. ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЕ .....	107
Хусаинов Д.Р., Коренюк И.И., Кат юшина О. В., Хусаинова К.Р. ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ ОТ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЦИКЛИЧЕСКОГО ГУАНОЗИНМОНОФОСФАТА.....	117
Чуян Е.Н., Бирюкова Е.А., Раваева М.Ю. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ .....	123
Чуян Е.Н., Раваева М.Ю., Бирюкова Е.А, Коваленко А.А., Заячникова Т.В. ОПТИМИЗАЦИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ В МЕЖСОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД .....	141
Чуян Е.Н., Трибрат Н.С. ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ НА ПРОЦЕССЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ .....	156
Швец В.Н. ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ КАРБОНИЛИРОВАННЫХ БЕЛКОВ В СУБКЛЕТОЧНЫХ ФРАКЦИЯХ МИОКАРДА ПРИ ИММОБИЛИЗАЦИОННОМ СТРЕССЕ.....	169

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Федоренко А.М., Ронин А.М., Федоренко Л.П. РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРООКИСЛЕНИЯ ОКСИДА СЕРЫ(IV) ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ.....	175
--	-----

Шульгин В.Ф., Русанов Э.Б., Обух А.И., Конник О.В.  
МОЛЕКУЛЯРНАЯ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТРИЯДЕРНОГО  
КОМПЛЕКСА МЕДИ(II) С ДИАЦИЛДИГИДРАЗИНОМ ГЛУТАРОВОЙ И  
САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТ..... 180

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ ..... 184

СОДЕРЖАНИЕ..... 190