

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

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

Научный журнал

Том 1 (67), № 3

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

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

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

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

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

Раздел «Биология»:

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

Раздел «Химия»:

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

Подписано в печать 07.12.2015. Формат 70x100 1/16
30 усл. п. л. Заказ № НП/9

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

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

Серия «Биология, химия». Том 1 (67). 2015. № 3. С. 3–13.

УДК 615.811:615.825

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ МУЖЧИН С ОСТЕОХОНДРОЗОМ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА

Грабовская Е. Ю.¹, Снапков П. В.², Мамаева В. В.¹

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

²*ЗАО «МедсиФитнес», Москва, Россия*

E-mail: grabovskaya13@mail.ru

Изучена возможность применения профилактора Евминова, многоигольчатой аккупунктуры по Ляпко и баночно-вакуумного массажа в комплексной реабилитации больных с пояснично-крестцовым остеохондрозом на амбулаторно-поликлиническом этапе. Полученные результаты свидетельствуют о том, что у пациентов основной группы произошли более существенные изменения исследуемых показателей, сократились сроки восстановления, значительно улучшилось клинико-функциональное состояние, повысился уровень физической работоспособности.

Ключевые слова: остеохондроз позвоночника, вертебрoneврологическая программа, статодинамические расстройства, комплексная реабилитация.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема остеохондроза позвоночника постоянно находится в центре внимания практических врачей и научных работников, что обусловлено ее высокой медико-биологической и социально-экономической значимостью [1]. Так, по данным различных авторов, в современном мире в связи с изменившимися условиями жизни (урбанизация, низкая двигательная активность, изменение режима и качества питания) остеохондрозом болеют от 40 до 80 % жителей земного шара [2]. Известно также, что вертеброгенные заболевания периферической нервной системы наблюдаются в большинстве случаев у лиц в возрасте 25–50 лет и являются основной причиной временной утраты трудоспособности.

Наиболее частым по жалобам, осложненным по течению и затяжным по лечению является остеохондроз пояснично-крестцового отдела позвоночника во всех его проявлениях: рефлекторные синдромы (люмбаго, люмбалгия, люмбоишиалгия), корешковые синдромы, корешково-сосудистые синдромы (радикулоишемия), нестабильность, грыжи [3]. Известно также, что до 18 % больных остеохондрозом пояснично-крестцового отдела позвоночника становятся

инвалидами (по причине бесконтрольности и самолечения, а также осложнений заболевания), а 7 % – нуждаются в оперативном лечении [4].

Весьма актуальной является разработка новых эффективных принципов и методов реабилитации больных остеохондрозом пояснично-крестцового отдела позвоночника с неврологическими проявлениями данного заболевания. Так, принципы общепринятого лечения, использующие в основном медикаментозную терапию, фактически сводятся к залечиванию проявлений болезни. В то же время практически 57 % пациентов становятся «постоянными клиентами» неврологических отделений и не менее двух раз в год проходят курсы стационарного лечения, направленного на борьбу с различными проявлениями заболевания [5].

В последние годы многие исследователи все больше обращаются к изучению немедикаментозных методов и все шире используют их при лечении дистрофических заболеваний позвоночника [6, 7]. Применение этих методов не требует особых условий, оправдано экономически и не сопровождается осложнениями, которые отмечаются при использовании лекарственных препаратов. Новый подход к лечению все более утверждается по мере углубления понимания того, что использование только медикаментозных средств часто не оказывает необходимого позитивного влияния и вместе с тем нередко вызывает побочные явления (например, токсические, аллергические). Поэтому все большее внимание различных специалистов привлекают немедикаментозные средства реабилитации, включающие лечебную физкультуру на профилакторе Евминова, баночно-вакуумный массаж, многоигльчатую акупунктуру по Ляпко, физиотерапию, фитотерапию, гидрокинезотерапию, тракционные методы лечения.

В настоящее время патогенетически обоснованной при лечении остеохондроза позвоночника является методика Евминова, использующая специальное ортопедическое устройство – профилактор (доску) Евминова [8]. При ее применении достигается разгрузка или мягкое растяжение позвоночника, которое снижает внутридисковое давление и приводит к уменьшению болевого синдрома с одновременным интенсивным развитием глубоких мышц спины, закрепляющих эффект разгрузки позвоночника и формирующих мышечный корсет, который защищает все структуры позвоночного столба. При этом создаются условия для восстановления и улучшения кровоснабжения паравертебральных мышц, приобретения ими выносливости и силы, увеличения объема движений в суставах позвоночника [8].

Другим, не менее эффективным, методом терапии при остеохондрозе позвоночника является метод поверхностной многоигльчатой акупунктуры с использованием аппликатора Ляпко. Терапевтический эффект аппликатора заключается в воздействии разнометалловых игл на рефлекторные зоны кожного покрова, т.н. точки акупунктуры организма. При этом формируется биологически активная зона, оказывающая влияние на нервные терминалы и образование связей между участком кожи и внутренним органом [9].

Существует достаточно много данных о том, что применение комплексной физической реабилитации позволяет значительно улучшить качество лечения и

восстановление здоровья и функционального состояния больных остеохондрозом [2, 6, 7, 10]. Однако одновременное использование в комплексных реабилитационных программах профилактора Евминова и аппликатора Ляпко еще недостаточно изучено.

В связи с вышесказанным целью данной работы явилось изучение эффективности применения профилактора Евминова и аппликатора Ляпко в комплексной реабилитации больных с пояснично-крестцовым остеохондрозом на амбулаторно-поликлиническом этапе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 24 мужчины в возрасте 40–45 лет, проходивших амбулаторно-поликлиническое лечение по основному диагнозу «Остеохондроз пояснично-крестцового отдела позвоночника, дискогенно-радикулярный синдром, стадия ремиссии». Реабилитационный курс составил 28 дней.

Все обследуемые были разделены на две группы – основную и контрольную – по 12 человек в каждой. В контрольной группе использовалась «стандартная вертеброневрологическая программа», состоящая из физиотерапии, ЛФК и массажной терапии. В основной группе в курс реабилитации дополнительно включали профилактор Евминова, многоигольчатую аккумуляпунктуру (по Ляпко), баночно-вакуумный массаж.

Выраженность статодинамических расстройств определялась в начале и в конце курса реабилитации по 6 показателям: уровень болевого синдрома; тонус мышц; выраженность чувствительных расстройств; мышечная сила; объём движений. Для оценки проявления симптомов использовалась пятибалльная шкала [11]. При этом в один балл оценивалось наибольшее проявление болевого синдрома, грубые расстройства поверхностной чувствительности, грубая гипертония или атония мышц, резкое снижение мышечной силы, почти полное отсутствие активных движений в больных конечностях. В пять баллов оценивалось отсутствие спонтанных и спровоцированных болей, отсутствие чувствительных расстройств или легкая гиперестезия, нормальный тонус мышц или легкая регионарная гипотония, нормальная мышечная сила, нормальный объём движений [11]. У всех обследуемых также определялся уровень физической работоспособности по тесту РWC₁₅₀.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о более существенном снижении уровня болевого синдрома у обследуемых в основной группе. Так, уровень болевого синдрома, зарегистрированный в начале реабилитационного процесса, составил

2,96±0,04 балла (физиологическая норма – 5 баллов). К концу курса реабилитации исследуемый показатель составил 4,79±0,03 балла, т.е. практически достиг физиологической нормы. Разница показателей в группе достигла 36,7 % ($p \leq 0,001$).

В контрольной группе реабилитационный эффект проявился менее значительно: уровень болевого синдрома изменился с 2,91±0,02 балла в первый день до 3,98±0,04 балла к последнему дню реабилитационного воздействия, т.е. на 21,3 % ($p \leq 0,01$) (рис. 1). В конце курса реабилитации разница между уровнем проявления болевого синдрома в основной и контрольной группах составила 15,4 % ($p \leq 0,01$).

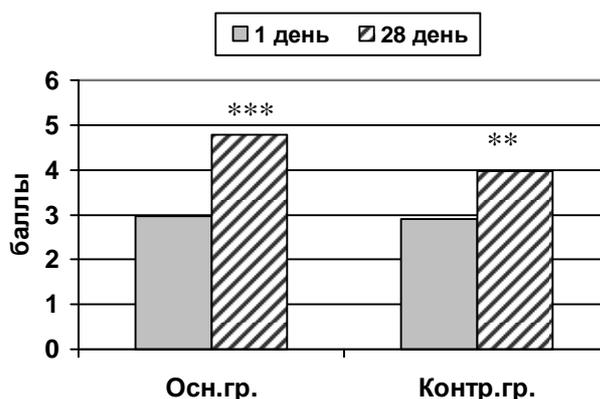


Рис. 1. Динамика выраженности болевого синдрома (баллы) у обследуемых контрольной и основной групп в течение курса реабилитации.

Примечание: **, *** – достоверность различий между показателями первого и 28 дня реабилитационного курса, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$ соответственно.

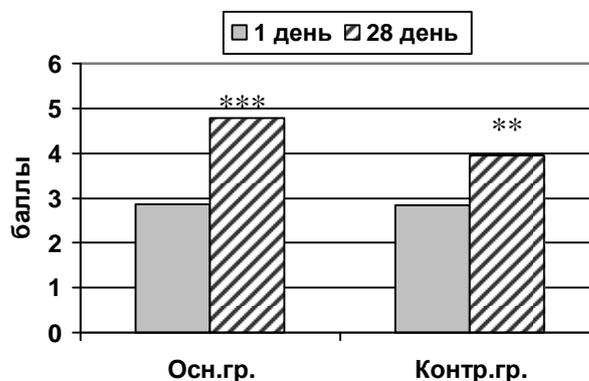


Рис. 2. Изменение уровня чувствительных расстройств (баллы) у обследуемых контрольной и основной групп в течение курса реабилитации.

Примечание: обозначения те же, что и на рис. 1.

При определении наличия чувствительных расстройств у обследуемых в основной и контрольной группах также выявлены существенные различия. Так, в основной группе уровень чувствительных расстройств, зарегистрированный в начале реабилитационного процесса, составил $2,86 \pm 0,03$ балла, к концу курса реабилитации достиг уровня $4,79 \pm 0,04$ баллов. Изменения составили 39,2 % ($p \leq 0,001$). В контрольной группе реабилитационный процесс прошёл несколько хуже: чувствительные расстройства уменьшились на 22,1 % ($p \leq 0,01$), с $2,85 \pm 0,01$ балла в первый день до $3,96 \pm 0,03$ балла к последнему дню реабилитации (рис. 2). По окончании курса реабилитации разница между показателями восстановления чувствительных расстройств в основной и контрольной группах составила 16,5 % ($p \leq 0,01$).

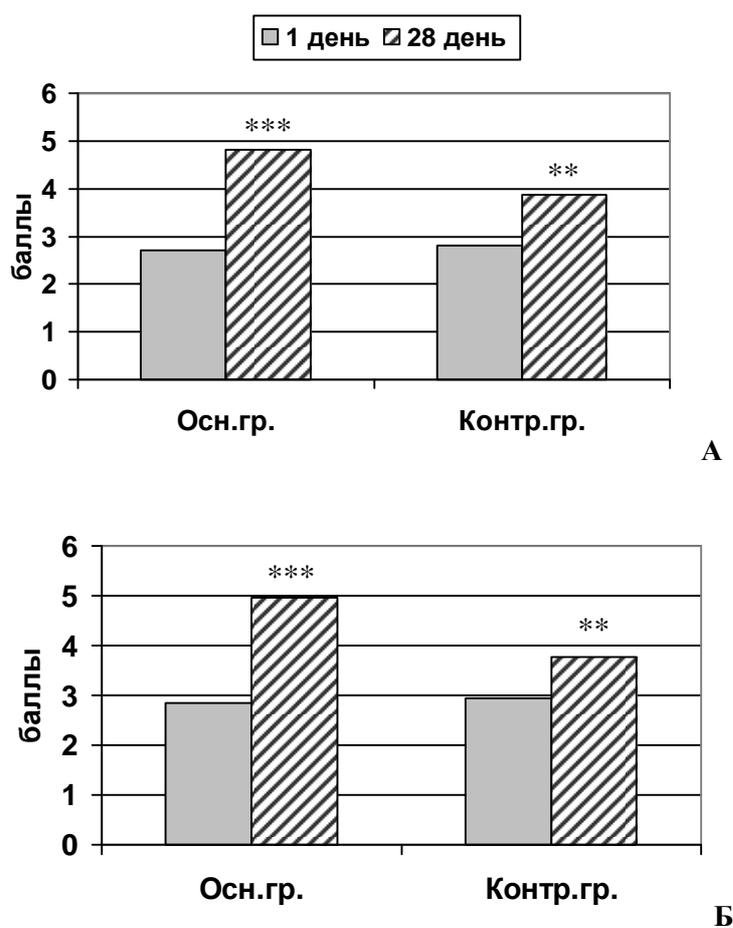


Рис. 3. Динамика восстановления мышечной силы (А) и объёма движений (Б) у обследуемых контрольной и основной групп в течение курса реабилитации.

Примечание: обозначения те же, что и на рис. 1.

При оценке мышечной силы были получены следующие результаты: в основной группе до курса реабилитации уровень мышечной силы оценивался в $2,71 \pm 0,01$ балла, к концу курса реабилитации показатель вырос на 42,0 % и составил $4,81 \pm 0,02$ балла ($p \leq 0,001$). В контрольной группе реабилитационный эффект проявился менее значительно: мышечная сила повысилась на 21,3 %, с $2,81 \pm 0,05$ балла в первый день до $3,88 \pm 0,03$ балла в последний (рис. 3 А). В конце курса реабилитации разница между показателями мышечной силы в основной и контрольной группах составила 18,7 % ($p \leq 0,01$).

В течение курса реабилитации произошло частичное восстановление объема движения. В основной группе этот показатель улучшился на 30,8 % с $2,85 \pm 0,03$ балла до $4,96 \pm 0,02$ балла ($p \leq 0,01$). В контрольной группе реабилитационный эффект проявился незначительно: объём движений повысился на 16,7 %, с $2,94 \pm 0,04$ баллов в первый день до $3,77 \pm 0,02$ балла в последний (рис. 3 Б). В завершении курса реабилитации разница между показателями восстановления объема движения в основной и контрольной группах составила 24 % ($p \leq 0,01$).

Проводимый курс реабилитации привел к восстановлению тонуса мышц. Так, в основной группе тонус мышц снизился на 38,8 % ($p \leq 0,001$) с $2,94 \pm 0,02$ балла от функциональной нормы (5 баллов – нормальный мышечный тонус) в первый день до $4,88 \pm 0,03$ балла. В контрольной группе мышечный тонус восстановился на 16,8 % ($p \leq 0,01$) с $2,94 \pm 0,01$ балла в первый день до $3,77 \pm 0,02$ балла в последний день (рис. 4). В завершении курса реабилитации разница между показателями тонуса мышц в основной и контрольной группах составила 22,0 % ($p \leq 0,01$).

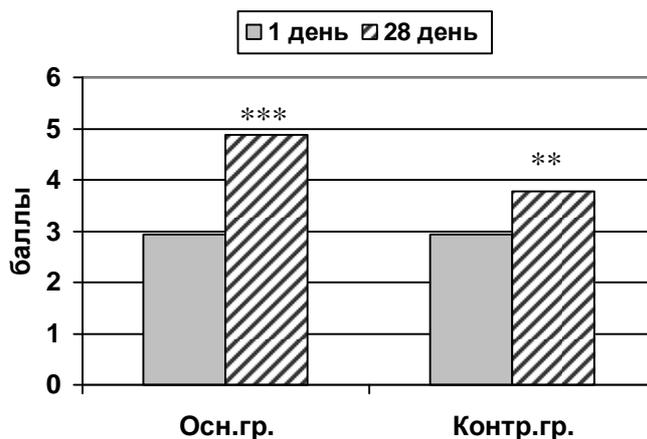


Рис. 4. Изменение тонуса мышц (баллы) у обследуемых контрольной и основной групп в течение курса реабилитации.

Примечание: обозначения те же, что и на рис. 1.

Проведенные исследования показали, что у всех обследованных в течение курса реабилитации наряду с показателями, характеризующими функциональное состояние нервно-мышечной системы, изменилась и физическая работоспособность.

Так, проведение теста PWC_{150} показало, что в начале курса реабилитации показатель PWC_{150} в контрольной группе составил $796,0 \pm 7,9$ кгм/мин (79,6 % от среднестатистической величины). К последнему дню реабилитации данный показатель составил $916,0 \pm 3,4$ кгм/мин (91,6 % от среднестатистической величины) ($p \leq 0,001$). По сравнению с 1 днем показатель улучшился на 12 % (рис. 5). В основной группе, в которой наряду с основными средствами реабилитации были использованы дополнительные реабилитационные мероприятия, динамика этих же показателей была более выражена.

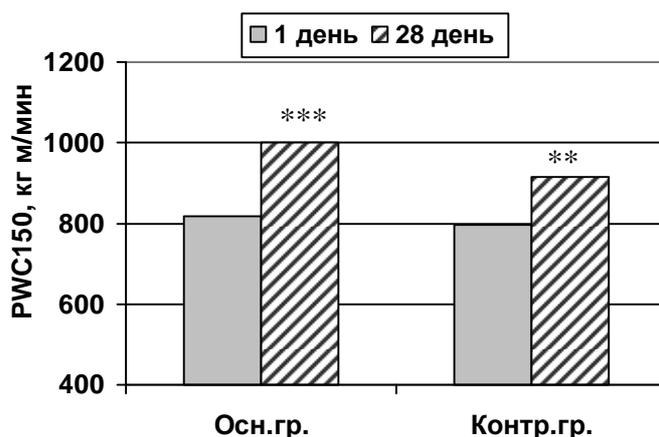


Рис. 5. Динамика уровня работоспособности (PWC_{150} , кгм/мин) у обследуемых контрольной и основной групп в течение курса реабилитации.

Примечание: обозначения те же, что и на рис. 1.

Так, в первый день, до начала реабилитации показатель PWC_{150} составил $817,0 \pm 8,6$ кгм/мин – 81,7 % от среднестатистической нормы. К последнему дню реабилитации исследуемый показатель составил $1006,0 \pm 8,6$ кгм/мин – 101,6 % от среднестатистической нормы ($p \leq 0,001$). По сравнению с 1 днем показатель улучшился на 20,9 % ($p \leq 0,001$). В конце курса реабилитации разница между показателями в основной и контрольной группах составила 14 % ($p \leq 0,01$).

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что у обследуемых основной группы с диагнозом «остеохондроз пояснично-крестцового отдела позвоночника» после проведения расширенного комплекса реабилитации, включавшего не только физиотерапию и занятия ЛФК, но и баночно-вакуумный массаж, рефлексотерапию, лечебную гимнастику на профилакторе Евминова, существенно изменились регистрируемые показатели. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности применения реабилитационных мероприятий.

Применение многоигольчатой рефлексотерапии обосновано тем, что рефлекторное воздействие игл при поверхностном множественном иглоукальвании приходится на активные точки (рецепторы) и вызывает местную реакцию, выражающуюся в изменении кровенаполнения участка кожи, температуры, чувствительности, величины электрического потенциала и сопротивления, что, в свою очередь, повлияло на состояние периферических рецепторов и тканей в зоне воздействия [9, 12].

Многочисленные исследователи считают, что при использовании профилактора Евминова достигается разгрузка или мягкое растяжение позвоночника, которое снижает внутрисуставное давление и приводит к уменьшению болевого синдрома с одновременным интенсивным развитием глубоких мышц спины, закрепляющих эффект разгрузки позвоночника и формирующих мышечный корсет, который защищает все структуры позвоночного столба. [4, 8, 12]. При этом создаются условия для восстановления и улучшения кровоснабжения паравертебральных мышц, приобретения ими выносливости и силы, увеличения объема движений в суставах позвоночника. Увеличение силы и тонуса мышц живота повышает эффективность механизма передачи механических нагрузок со скелета на мышечный аппарат (повышение тонуса и силы мышц живота приводит к увеличению внутрибрюшного давления, благодаря чему часть сил, воздействующих на нижние межпозвоночные диски, передается на дно таза и диафрагму) [4].

В основе действия баночного массажа лежит рефлекторный метод, основанный на возникновении гиперемии, раздражении кожных рецепторов, создавшимся в банке вакуумом [12]. Под влиянием баночного массажа улучшаются периферическая циркуляция крови, лимфы, межтканевой жидкости, улучшается сократительная функция мышц, повышается их тонус, эластичность.

На основании вышеизложенного можно заключить, что влияние комплексной реабилитации, включающей в себя применение профилактора Евминова, многоигольчатую акупунктуру и баночно-вакуумный массаж для восстановления больных с пояснично-крестцовым остеохондрозом позвоночника, существенно влияет на динамику восстановления пораженного отдела и эффективно за более короткий срок приводит к функциональному и производственному восстановлению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В контрольной группе в течение курса реабилитации уровень болевого синдрома снизился на 21,3 % ($p \leq 0,01$), чувствительные расстройства уменьшились на 22,1 % ($p \leq 0,01$), мышечная сила увеличилась на 21,3 % ($p \leq 0,01$), объем движений увеличился на 16,7 % ($p \leq 0,01$), тонус мышц понизился на 16,8 % ($p \leq 0,01$), уровень физической работоспособности улучшился на 12 % ($p \leq 0,01$).
2. У обследуемых основной группы диагностические показатели изменились следующим образом: уровень болевого синдрома снизился на 36,7 % ($p \leq 0,001$), чувствительные расстройства уменьшились на 39,2 % ($p \leq 0,001$), мышечная сила увеличилась на 42,1 % ($p \leq 0,001$), объем движений увеличился на 30,8 % ($p \leq 0,001$), тонус мышц понизился на 38,8 % ($p \leq 0,001$), уровень физической

работоспособности улучшился на 20,9 % ($p \leq 0,001$) и достиг физиологической нормы.

3. Полученные результаты свидетельствуют о том, что у пациентов основной группы произошли более существенные изменения исследуемых показателей. Применение профилатора Евминова, аппликатора Ляпко, баночного массажа в комплексной реабилитации больных с пояснично-крестцовым остеохондрозом, способствовало сокращению сроков восстановления, значительному улучшению клинико-функционального состояния больных и повышению уровня физической работоспособности.

Список литературы

1. Попов С. Н. Остеохондроз позвоночника / С. Н. Попов – М. : Академия, 2004. – С. 202–215.
2. Ключник И. И. Ваш остеохондроз. / И. И. Ключник – Харьков : [Б.и.], 1995. – 148 с.
3. Антонов И. П. Поясничные боли / И. П. Антонов, Г. Г. Шанько – Минск : Беларусь, 1989. – 143 с.
4. Родионова О. Н. Остеохондроз. Лучшие методы лечения / О. Н. Родионова, Г. А. Никитина. – СПб. : Невский проспект; Вектор, 2007. – 49 с.
5. Пешкова О. В. Комплексная физическая реабилитация больных с остеохондрозом шейного отдела позвоночника / О. В. Пешкова, Е. Н. Мятага, Е. В. Шишковская // Слобожанский научно-спортивный вестник, 2012. – №4. – С.137–143.
6. Мухін В. М. Фізична реабілітація. / В. М. Мухін. – Київ: Олімпійська література, 2005. – С. 306–329.
7. Руководство по реабилитации больных с двигательными нарушениями / Под ред. А. Н. Беловой, О. Н. Щепетовой. – М. : [Б.и.], 1999. – Т.2. – С.478–590.
8. Евминов В. В. Как навсегда победить боль в спине / В. В. Евминов. – Киев : Азбука, 2010. – 144 с.
9. Латогуз С. И. Практическое руководство по рефлексотерапии и иглоукальванию / С. И. Латогуз. – Ростов н/Д : Феникс, 2003. – 416с.
10. Девятова М. В. Лечебная физическая культура при остеохондрозе позвоночника и заболеваниях периферической нервной системы. / М. В. Девятова – Ленинград: Медицина, 1983. – 144 с.
11. Демиденко Т. Д. Основы реабилитации неврологических больных / Т. Д. Демиденко, Н. Г. Ермакова – СПб : Фолиант, 2004. – 304 с.
12. Епифанов В. А. Остеохондроз позвоночника / В. А. Епифанов, А. В. Епифанов // Восстановительное лечение при заболеваниях и повреждениях позвоночника. – М. : МЕДпресс-информ, 2008. – С. 135–188.

THE EFFECTIVENESS OF COMPREHENSIVE REHABILITATION FOR MEN WITH OSTEOCHONDROSIS OF THE LUMBOSACRAL SPINE

Grabovskaya E. Yu¹, Snapkov P. V.², Mamaeva V. V.¹

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

²*Meds Fitness, Moscow, Russian Federation*

E-mail: grabovskaya13@mail.ru

The problem of osteochondrosis is always the center of attention of practitioners and researchers, due to its high medical and biological and socio-economic significance. So, according to various authors, in the modern world due to changed conditions of life (urbanization, low physical activity, change of regime and quality of food) suffer from osteochondrosis of 40 to 80 % of the world's population. It is also known that vertebral

diseases of the peripheral nervous system are observed in most cases in those aged 25–50 years, and are a major cause of temporary disability.

The most frequent complaints, complicated by the flow and prolonged treatment is osteochondrosis of the lumbosacral spine in all its manifestations: the reflex syndromes (lumbago, lumbodynia, sciatica), radicular syndrome, radicular and vascular syndromes (radikuloishemiya), instability, hernia. We also know that up to 18 % of patients with osteochondrosis of the lumbosacral spine are disabled (because of lack of control and self-medication, as well as complications of the disease), and 7 % – in need of surgical treatment.

Very relevant is the development of new effective principles and methods of rehabilitation of patients with osteochondrosis of the lumbosacral spine with neurological manifestations of the disease. Thus, the principles of the standard treatment using mainly drug therapy actually reduced to heal manifestations of the disease. At the same time, almost 57 % of patients become "regulars" neurological departments and at least twice a year take courses inpatient treatment aimed at combating various manifestations of the disease.

In recent years, many researchers are increasingly turning to the study of non-drug methods and increasingly using them in the treatment of degenerative spine diseases. The use of these techniques does not require special conditions, justified economically and is not accompanied by complications that have been reported with drugs. A new approach to the treatment of increasingly adopted as a better understanding of the fact that only use of drugs often do not provide the necessary positive impact and at the same time often causes side effects (eg, toxic, allergic). Therefore, more and more attention of various specialists attract non-pharmacological means of rehabilitation, including exercise therapy to the dispensary Evminova, cupping, massage vakkuumny, many-needle acupuncture on Lyapko, physiotherapy, herbal medicine, hydrocolonotherapy, traction treatments.

Currently pathogenetically justified in treating osteochondrosis Evminova is a technique that uses a special prosthetic device – dispensary (board) Evminova. If its application is achieved by unloading or gentle stretching of the spine, which reduces vnutridiskovoe pressure and reduces pain while the intensive development of the deep muscles of the back, spine reinforcement effect of discharge and forming a muscular corset that protects all the structures of the spine. This creates conditions for the restoration and improvement of the blood supply to the paravertebral muscles, the acquisition of endurance and strength, increase range of motion in the joints of the spine.

Another, no less effective method of therapy in osteochondrosis is a method of superficial many-needle acupuncture using applicators. The therapeutic effect of the applicator is the impact raznometallovyh needles on reflex zones of the skin, the so-called acupuncture points of the body. This forms a biologically active zone, has an impact on nerve terminals and the formation of bonds between skin and internal body.

There is a lot of data that the application of a comprehensive physical rehabilitation can significantly improve the quality of treatment and the restoration of health and functional status of patients with osteochondrosis. However, the simultaneous use of complex rehabilitation programs preventer Evminova and applicators still poorly understood.

In connection with the above, the aim of this work was to study the efficacy of prophylactic Evminova and applicators in complex rehabilitation of patients with lumbosacral osteochondrosis in the outpatient phase.

Keywords: osteochondrosis, Vertebro-neurological program, static-dynamic disorders, complex rehabilitation.

References

1. Popov S. N. *Osteochondroz pozvonochnika*, 202–215 pp. (Moskva, Akademiya, 2004).
2. Kljuchnik I. I. *Vash osteochondroz*, 148 p. (Har'kov, 1995).
3. Antonov I. P., Shan'ko G. G. *Pojasnichnye boli*, 143 p. (Minsk, Belarus', 1989).
4. Rodionova O. N., Nikitina G. A. *Osteochondroz. Luchshie metody lechenija*. 49 p. (Sankt-Peterburg, Nevskij prospekt, Vektor, 2007).
5. Peshkova O. V., Mjatyga E. N., Shishkovskaja E. V., Kompleksnaja fizicheskaja rehabilitacija bol'nyh s osteochondrozom shejnogo otdela pozvonochnika., *Slobozhanskij nauchno-sportivnyj vesnik*, **4**, 137 (2012).
6. Muhin V. M. *Fizichna rehabilitacija*, 306–329 pp. (Kiiv, Olimpijs'ka literatura, 2005).
7. Rukovodstvo po rehabilitacii bol'nyh s dvigatel'nymi narushenijami, Pod red. A. N. Belovoj, O. N. Shhepetovoj, **2**, 478. (Moskva, 1999).
8. Evminov V. V. *Kak navsegda pobedit' bol' v spine*, 144 p. (Kiev, Azbuka, 2010).
9. Latoguz S. I. *Prakticheskoe rukovodstvo po refleksoterapii i igloukalyvaniju*, 416 p. (Rostov n/D, Feniks, 2003).
10. Devjatova M. V. *Lechebnaja fizicheskaja kul'tura pri osteochondroze pozvonochnika i zabolevanijah perifericheskoj nervnoj sistemy*, 144 p. (Leningrad, Medicina, 1983)
11. Demidenko T. D., Ermakova N. G. *Osnovy rehabilitacii nevrologicheskikh bol'nyh*, 304 p. (Sankt-Peterburg, Foliant, 2004).
12. Epifanov V. A., Epifanov A. V. *Osteochondroz pozvonochnika. Vosstanovitel'noe lechenie pri zabolevanijah i povrezhdenijah pozvonochnika*, 135–188 pp. (Moskva, MEDpress-inform, 2008).

УДК 577.112:612

СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В ЭРИТРОЦИТАХ ПРИ ОТДЕЛЬНЫХ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Елкина Н. М.¹, Коношенко С. В.²

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

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

Показано, что при отдельных сердечно-сосудистых заболеваниях (ишемическая болезнь сердца, дилатационная кардиомиопатия) и гематологических заболеваниях онкологического характера (эритремия, апластическая анемия) в эритроцитах существенно возрастает активность антиоксидантных ферментов: каталазы, супероксиддисмутазы и глутатионредуктазы. При железодефицитной анемии достоверно увеличивается активность супероксиддисмутазы. Отмечена хорошо выраженная согласованность в изменении активности СОД и каталазы, а также связь измененной активности изученных ферментов с видом патологии.

Ключевые слова: эритроциты, каталаза, супероксиддисмутаза, глутатионредуктаза, сердечно-сосудистые и гематологические заболевания.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имеется большое количество данных литературы, свидетельствующих о нарушении прооксидантно-антиоксидантного равновесия и развитии окислительного стресса при различных заболеваниях [1–3]. Сообщается также о том, что при многих заболеваниях в патологический процесс вовлекаются эритроциты, изменяется их биохимический статус, усиливается образование активных форм кислорода, интенсифицируются реакции перекисного окисления липидов и окислительной модификации протеинов [4–6]. Учитывая это, представляется целесообразным выяснение молекулярных механизмов защиты эритроцитов от проявлений окислительного стресса, в частности изучение их антиоксидантной системы в условиях патологии.

В связи с этим, целью настоящей работы являлось изучение активности антиоксидантных ферментов в эритроцитах при отдельных гематологических и сердечно-сосудистых заболеваниях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

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

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

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

Эритроциты гемолизировали, добавляя равный объем дистиллированной воды [7]. В гемолизатах эритроцитов определяли активность каталазы [8], глутатионредуктазы [9] и супероксиддисмутазы [10], используя спектрофотометрические методы биохимического анализа.

Полученные данные обрабатывали статистически с применением t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Каталаза, супероксиддисмутаза и глутатионредуктаза представляют группу антиоксидантных ферментов, изучение которых дает вполне объективное представление о состоянии антиоксидантной системы на клеточном и организменном уровнях [11, 12]. Изучение активности супероксиддисмутазы (СОД) в гемолизатах эритроцитов больных сердечно-сосудистыми и гематологическими заболеваниями показало, что во всех обследованных группах наблюдается достоверное увеличение активности фермента (таблица). В группах больных сердечно-сосудистыми заболеваниями активность СОД была выше по сравнению с контрольной группой доноров: в 1,35 раза при дилатационной кардиомиопатии и в 1,6 раза при ишемической болезни сердца (ИБС).

В группах больных гематологическими заболеваниями увеличение активности фермента наблюдалось на 12,6 % при железодефицитной анемии, в 2,3 раза при эритремии и в 2,6 раза при апластической анемии.

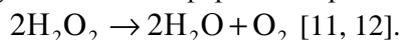
Наиболее значительные изменения активности СОД отмечены в эритроцитах больных эритремией и апластической анемией, наименее выраженные – у больных железодефицитной анемией.

Как видно из данных таблицы, значения активности СОД в эритроцитах больных ИБС и кардиомиопатией были в целом близки, однако наблюдалось преобладание активности фермента (на 17,3 %) в группе больных ИБС.

Известно, что СОД катализирует реакцию дисмутации супероксиданиона, приводя к образованию H_2O_2 :



Пероксид водорода, образующийся при действии супероксиддисмутазы, а также в реакциях, катализируемых оксидазами, расщепляется каталазой, что тем самым обезвреживает одну из активных форм кислорода:



При низкой активности каталазы образование активных форм кислорода (АФК) могло бы принять неконтролируемые размеры, поскольку пероксид водорода, не будучи свободным радикалом, способен в определенных условиях быть инициатором генерирования высокорекреационных свободных радикалов (например, $\bullet\text{OH}$ -радикала) [12].

Изучение активности каталазы в гемолизатах эритроцитов позволило установить, что за исключением больных железодефицитной анемией во всех остальных обследованных группах больных прослеживается существенное достоверное увеличение активности данного фермента по сравнению с контрольной группой (таблица). У больных ИБС и кардиомиопатией активность каталазы была выше в 1,5 раза, у больных апластической анемией – в 1,8 раза, у больных эритремией – в 2,0 раза. У больных железодефицитной анемией изменения активности фермента отмечены на уровне тенденции (на 9,2 %). Как и в случае СОД, наблюдаются наиболее выраженные изменения активности каталазы в группах больных эритремией и апластической анемией.

Таблица

Активность СОД, каталазы и глутатионредуктазы в гемолизатах эритроцитов больных отдельными сердечно-сосудистыми и гематологическими заболеваниями ($M \pm m$)

Обследованные группы	Активность СОД, $\text{мкмоль} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{мгНб}$	Активность каталазы, $\text{ммоль} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{л}^{-1}$	Активность глутатионредуктазы, $\text{нмоль} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{мгНб}$
Контрольная группа	$13,5 \pm 0,5$	$0,240 \pm 0,020$	$0,105 \pm 0,013$
Больные ИБС	$22,0 \pm 1,5^*$	$0,363 \pm 0,030^*$	$0,208 \pm 0,010^*$
Больные кардиомиопатией	$18,2 \pm 1,0^*$	$0,360 \pm 0,035^*$	$0,195 \pm 0,018^*$
Больные эритремией	$31,3 \pm 1,9^*$	$0,475 \pm 0,045^*$	$0,185 \pm 0,018^*$
Больные апластической анемией	$35,5 \pm 2,0^*$	$0,430 \pm 0,035^*$	$0,186 \pm 0,020^*$
Больные железодефицитной анемией	$15,2 \pm 0,6^*$	$0,262 \pm 0,020$	$0,128 \pm 0,015$

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

Не менее важным ферментом антиоксидантной системы является глутатионредуктаза, обеспечивающая поддержание в клетках необходимого уровня восстановленного глутатиона – донора атомов водорода в реакциях восстановления пероксида водорода и пероксидов липидной природы [11, 12].

При изучении активности глутатионредуктазы в гемолизатах эритроцитов практически здоровых людей и больных были получены данные, представленные в таблице. Показано, что за исключением больных железодефицитной анемией в других группах больных наблюдается достоверное увеличение активности фермента по сравнению с контрольной группой: в 2,0 раза – у больных ИБС, в 1,9 раза – у больных кардиомиопатией, в 1,8 раза – у больных эритремией и апластической анемией. У больных железодефицитной анемией отмечено лишь незначительное увеличение активности глутатионредуктазы.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о выраженной активизации ферментов антиоксидантной системы (каталазы, супероксиддисмутаза и глутатионредуктазы) в эритроцитах при ишемической болезни сердца, дилатационной кардиомиопатии, эритремии и апластической анемии. В эритроцитах больных железодефицитной анемией достоверно возрастает активность СОД и незначительно (на уровне тенденции) активность каталазы и глутатионредуктазы.

В целом проявляется хорошо выраженная согласованность в изменении активности СОД и каталазы. Изменения активности глутатионредуктазы имеют несколько иной характер. Так, если наиболее выраженные изменения активности СОД и каталазы наблюдаются в группах больных эритремией и апластической анемией, то в случае глутатионредуктазы изменения такого рода проявляются в эритроцитах больных ИБС и кардиомиопатией.

Прослеживается значительное сходство изменений активности изученных ферментов антиоксидантной системы в зависимости от вида патологии: сердечно-сосудистые заболевания (ИБС и кардиомиопатия) и гематологические заболевания онкологического характера (эритремия и апластическая анемия).

Можно предположить, что при ишемической болезни сердца и кардиомиопатии изменения в состоянии антиоксидантной системы в эритроцитах в большей степени направлены на сдерживание накопления АФК, тогда как при эритремии и апластической анемии доминируют изменения, связанные с усилением восстановительного потенциала эритроцитов.

Активизация антиоксидантных ферментов в эритроцитах при соответствующих заболеваниях должна иметь адаптивный характер и является важным звеном в цепи компенсаторных процессов, необходимых для поддержания метаболического, структурного и функционального состояния эритроцитов в условиях патологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показано, что при ишемической болезни сердца, дилатационной кардиомиопатии, эритремии и апластической анемии в эритроцитах существенно возрастает активность супероксиддисмутаза, каталазы и

глутатионредуктазы. В эритроцитах больных железодефицитной анемией достоверно увеличивается активность супероксиддисмутазы.

2. Отмечена хорошо выраженная согласованность в изменении активности супероксиддисмутазы и каталазы в эритроцитах больных ИБС, кардиомиопатией, эритремией и апластической анемией, а также связь изменений активности изученных антиоксидантных ферментов с видом патологии.
3. Очевидно, что увеличение активности антиоксидантных ферментов в эритроцитах при соответствующих сердечно-сосудистых и гематологических заболеваниях имеет адаптивный характер и является проявлением действия компенсаторных механизмов в условиях патологии.

Список литературы

1. Азизова О. А. Взаимосвязь маркеров окислительного стресса с клиническим течением хронической ишемии мозга / О. А. Азизова // Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2013, № 9. – С. 21–27.
2. Курашова Н. А. Особенности окислительного стресса при различных патологических состояниях у мужчин репродуктивного возраста / Н. А. Курашова // Бюлл. Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2012, № 2 (2). – С. 31–35.
3. Луцкий М. А. Формирование окислительного стресса как одного из звеньев сложного патогенеза социально-значимых заболеваний нервной системы – инсульта и рассеянного склероза / М. А. Луцкий, А. М. Земсков, М. А. Смелянец [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014, № 10. – С. 27–32.
4. Елкина Н. М. Процессы пероксидации липидов, метгемоглинообразования и генерирования активных форм кислорода в эритроцитах больных эритремией / Н. М. Елкина // Уч. записки Таврического нац. ун-та им. В. И. Вернадского. – Сер.: Биология, химия. – 2013. – Т. 26 (65), № 4. – С. 39–43.
5. Коношенко С. В. Особливості окиснювальної модифікації протеїнів в еритроцитах хворих на кардіоміопатію, ішемічну хворобу серця, еритремію та апластичну анемію / С. В. Коношенко, Н. М. Йолкіна // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – 2013, № 2. – С. 40–43.
6. Novgorodtseva T. P. Modifications of the fatty acid composition of the erythrocyte membrane in patients with chronic respiratory diseases / T. P. Novgorodtseva, Y. K. Denisenko, N. N. Zhukova [et al.] // Lipids Health Dis. – 2013, N 12. – P. 117–121.
7. Drabkin D. A simplified technique for large scale crystallization myoglobin and haemoglobin in the crystalline / D. Drabkin // Arch. Biochem. – 1959. – V. 21. – P. 224–226.
8. Королюк М. А. Метод определения каталазы / М. А. Королюк, И. Г. Иванова, В. Е. Токарев // Лаб. дело. – 1988, № 1. – С. 16–19.
9. Агабели Р. А. Антиоксиданты и антиоксидантные ферменты / Р. А. Агабели. – Баку, 1989. – 120 с.
10. Доценко О. И. Активность супероксиддисмутазы и каталазы в эритроцитах и некоторых тканях мшей в условиях низкочастотной вибрации / О. И. Доценко, В. А. Доценко, А. М. Мищенко // Физика живого. – 2010. – Т. 18, вып. 1. – С. 107–113.
11. Banerjee R. Redox biochemistry / R. Banerjee. – USA, 2007. – 317 p.
12. Биохимия / под ред. Е. С. Северина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 768 с.

STATE OF ANTIOXIDATIVE SYSTEM IN ERYTHROCYTES OF PATIENTS
WITH HAEMATOLOGICAL AND CARDIOVASCULAR DISEASES

Yolkina N. M., Konoshenko S. V.

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

It is known, that under different diseases the balance in prooxidative and antioxidative processes is destroyed and oxidative stress is realized. The development of oxidative stress is connected with production of oxygen active forms, in particular, hydrogen peroxide and free radicals [1–3]. Today we have much dates about that under some diseases erythrocytes are involved in pathological process as demonstrated by biochemical changes occurring in them [4–6].

In this regard, it is interest to examine the state of antioxidative system in erythrocytes of patients with haematological and cardiovascular diseases, that was the aim of our work. The materials for the study were the erythrocytes of healthy subjects (control group) and patients with dilated cardiomyopathy (20 persons, middle age 49,5 years), ischemic heart disease (25 persons, middle age 50,0 years), erythraemia (9 persons, middle age 60,0 years), aplastic anemia (11 persons, middle age 56,0 years) and iron-deficiency anemia (9 persons, middle age 49,0 years). The blood of paticuts with diseases was taken before treatment for an illness.

The erythrocytes were hemolised by distilled water. In hemolisesates of erythrocytes the activity of catalase [7], superoxidedismutase [8] and glutation-reductase was determined [9].

All indexes were studied by spectrophotometric methods of biochemical analyses.

It has been shown, that in hemolysates of erythrocytes at all groups of patients the activity of superoxidedismutase was rised as compared with control group: at 1,35 times under dilated cardiomyopathy, at 1,6 times under ischemic heart disease, at 2,3 times under erythraemia, at 2,6 times under aplastic anemia and at 12,6 % under iron-deficiency anemia.

At the same time, the activity of catalase and glutation-reductase in erythrocytes of patients was rised also, with the exeption of patients with iron-deficiency anemia. So, the activity of catalase was rised at 1,5 times under ischemic heart disease and dilated cardiomyopathy, at 1,8 and 2,0 times under aplastic anemia and erythraemia, accordingly.

The activity of glutation-reductase was rised at 2,0 times under ischemic heart disease, at 1,9 times under dilated cardiomyopathy, at 1,8 times under erythraemia and aplastic anemia. In erythrocytes of patients with iron-deficiency anemia the change of glutation-reductase activity was unimportant.

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

Keywords: erythrocytes, catalase, superoxidedismutase, glutation-reductase, cardiovascular and haematological diseases.

References

1. Azizova O. A., Interaction of markers of oxidative stress with clinical proceed of chronic brain ischemia, *J. Nevrology and psychiatry*, **9**, 21 (2013).
2. Kurashova N. A., Peculiarities of oxidative stress under different state of man in reproductive age, *Bull. East-Siberian scientific centre SD RAMN*, **2 (2)**, 31 (2012).
3. Lutskij M. A., Zemskov A. M., Smeljanets M. A., Formation of oxidative stress as one from links of difficult pathogenesis of social diseases of nervous system – insult and diffuse cerebral sclerosis, *Fundam. researches*, **10**, 27 (2014).
4. Yolkina N. M., Processes of lipids peroxide, methaemoglobin formation and oxygen active forms generation in erythrocytes of patients with erythraemia, *Sc. notes of V. I. Vernadsky Taurida university, Biology and Chemistry*, **26 (65), 4**, 39 (2013).
5. Konoshenko S. V., Yolkina N. M., Peculiarities of proteins oxidative modification in erythrocytes of patients with cardiomyopathies, ischemic heart diseases, erythraemia and aplastic anemia, *Experimental and clinical physiology and biochemistry*, **2**, 40 (2013).
6. Novgorodtseva T. P., Denisenko Y. K., Zhukova N. N., Modifications of the fatty acid composition of the erythrocyte membrane in patients with chronic respiratory diseases, *Lipids Health Dis.*, **12**, 117 (2013).
7. Koroljuk M. A., Ivanova I. G., Tokorev V. E., Method of catalase determination, *Lab. delo*, **1**, 16 (1988).
8. Dotsenko O. I., Dotsenko V. A., Mischenko A. M., Activity SOD and catalase in erythrocytes and some tissues of mouses under low level of vibration, *Physic of living*, **18, 1**, 107 (2010).
9. Agabeli R. A., Antioxidants and antioxidative enzymes, 120 (Baku, 1989).

УДК 615.825-058.5:616.831-005.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ БОЛЬНЫХ НА САНАТОРНО-ПОЛИКЛИНИЧЕСКОМ ЭТАПЕ

Малыгина В. И., Бернов А. В.

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

Исследована эффективность реабилитационного комплекса, включающего лечебную гимнастику, массаж и аутогенную тренировку на фоне диетотерапии в период реабилитации больных инсультом на санаторном этапе. Установлено, что программа способствовала снижению мышечного спазма и улучшению двигательных функций паретичных конечностей, уменьшению гиперхолестеринемии, нормализации процессов гемодинамики, улучшению психологического состояния больных.

Ключевые слова: ишемический инсульт, гемипарез, спастический паралич, синкинезии, аутогенная тренировка, нейромышечный аппарат, атерогенный индекс, психологическая реабилитация.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема предупреждения и лечения острых нарушений мозгового кровообращения (ОНМК) в последние годы становится все более актуальной. Ежегодно в мире мозговой удар настигает более 15 млн. человек. Рост заболеваемости инсультом связывают с увеличением средней продолжительности жизни в большинстве стран мира. Однако существует и другая тенденция: инсульт молодеет. В последние годы не менее 20 % ОНМК диагностируется у больных моложе 50 лет. В патогенезе ОНМК существует одна общая закономерность: инсульт развивается внезапно на фоне длительного существования патологических процессов [1]. Беспричинных инсультов не бывает. Непосредственной причиной инсульта всегда является гемодинамический криз – острое нарушение системной или региональной гемодинамики, приводящее к повреждению зависимых органов. Атеросклероз сосудов головного мозга – один из основных факторов риска. Известно, что высокий уровень холестерина ЛПНП относится к факторам риска цереброваскулярной патологии, установлено, что существует временная связь когнитивных расстройств и сосудистой патологии головного мозга [2].

Реабилитация больных, перенесших инсульт, является одной из наиболее актуальных, активно разрабатываемых проблем современной медицины. Основными принципами реабилитации являются: раннее начало реабилитационных мероприятий, систематичность и длительность, что возможно при хорошо организованном поэтапном построении реабилитации [3]. Наиболее ранняя

реабилитация способствует сохранению главной структурной единицы мозга – нейрона. Погибший нейрон воскресить невозможно. Остается надеяться на пластичность мозговых клеток, то есть на возможность активации «спящих» нейронов, включении компенсаторных механизмов [4]. Физическая реабилитация после инсульта должна начинаться сразу после стабилизации жизненно важных функций организма (в первую очередь гемодинамических показателей) и неврологического статуса (т. е. лишь при завершённом инсульте), быть направленной на восстановление двигательных, чувствительных, координационных, речевых расстройств, высших психических функций (память, внимание, мышление), повышение качества жизни [5]. Известно, что повышение психоэмоционального фона и в целом улучшение психического статуса является необходимым условием полного выздоровления организма и увеличения двигательной активности постинсультных больных.

Целью настоящего исследования является оценка эффективности комплексной физической реабилитации постинсультных больных в условиях реабилитационного центра.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В обследовании принимали участие 12 больных (мужчин среднего возраста), перенесших ишемический инсульт различной локализации.

Исследования проводились на базе реабилитационного центра города Саки в течение 2-х месяцев. Возраст обследуемых мужчин: 47–57 лет. Инсульт был первый, перенесен 3–6 месяцев тому назад. У всех, основываясь на заключении врача-невропатолога, вследствие перенесенного инсульта были нарушения двигательных функций легкой и умеренной выраженности (по типу одностороннего гемипареза). Частые сосудистые кризы отсутствовали.

Методы функциональной диагностики включали оценку спастичности флексоров (экстензоров) отдельных мышечных групп. Состояние мышц верхних и нижних конечностей проводили при помощи комплексной клинической оценки спастичности. Проявление спастичности исследовали при постоянной степени разгибания руки в локтевом и лучезапястном суставах, разгибания ноги – в голеностопном суставе и сгибании ноги – в коленном суставе с паретичной стороны. Величину угла, при котором развивалась контрактура, соотносили с «нормой», которую определяли как способность выполнять 100 % анатомически возможных для данной группы мышц угловых движений. Отмечали длительность результирующей контрактуры и угол, при котором она появлялась. Угловые измерения амплитуды движения в суставах проводили при помощи угломера (гониометра). Флексорный (экстензорный) спазм оценивали по 5-балльной шкале: 1 – спазм отсутствует; 2 – спазм вызывается пассивными движениями; 3 – спазм вызывается активными движениями; 4 – спазм провоцируется сенсорными стимулами; 5 – спазм возникает спонтанно [6].

Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы измеряли артериальное давление (АД), ЧСС, данные ортостатической пробы. Устойчивость организма к гипоксии оценивали при помощи пробы Штанге [30].

Проводилось исследование липидного профиля сыворотки крови больных. Биохимический анализ полного спектра липидных показателей в крови включал: измерение общего холестерина (ОХ), холестерина липопротеидов высокой плотности (ЛПВП), холестерина липопротеидов низкой плотности (ЛПНП), а также отношение ЛПВП к общему холестерину: $\text{ЛПВП} * 100 / \text{ОХ}, \%$.

Также была проведена оценка психического статуса пациента. Для выявления когнитивных нарушений нами применялась шкала MMSE. Тест включал ряд вопросов для проверки: ориентировки во времени и пространстве, речи, памяти, внимания, а также заданий для оценки мелкой моторики рук. Психодиагностика состояния постинсультных больных также включала оценку уровня депрессии при помощи методики Бека [7]. Т.о., физическая и психологическая реабилитация препятствует развитию социальной и психической дезадаптации, проявлению астено–депрессивных и невротических симптомов.

Реабилитация больных проводилась при помощи сочетанного реабилитационного комплекса, состоящего из ЛФК, массажа и психотерапии, на фоне диетотерапии. Общие задачи ЛФК: полное восстановление нарушенных функций, тренировка сердечно-сосудистой системы, полное восстановление бытовой активности, повышение психоэмоционального состояния [8]. Частные задачи: создание и упрочение нового динамического стереотипа движений, т.е. выработка строгой последовательности условных двигательных рефлексов, составляющих целостный двигательный акт; снижение спастичности, преодоление синкинезий, совершенствование функции ходьбы, повышение толерантности к физическим нагрузкам, тренировка устойчивости вертикальной позы, обучение навыкам самообслуживания [9]. Основная задача массажа – расслабить спастичные мышцы путём плавного поглаживания и привести в тонус их антагонисты путём лёгкого растирания и разминания, чтобы уменьшить проявления своеобразной постинсультной порочной позы [10]. Область воздействия: массаж сегментарных зон и паретичных конечностей. Массаж проводился через день, от 15–20 вначале до 30 мин. впоследствии. На курс – 20 процедур. Массаж проводился перед процедурой ЛГ.

С больными регулярно проводились беседы, направленные на ликвидацию психо-астенического синдрома: снижение депрессивности, безысходности, повышение социальной значимости, самооценки больного [11]. Реабилитация проводилась на фоне гипохолестериновой диеты.

Математическая обработка полученных данных проводится с помощью t-критерия Стьюдента и по Т.Уайту.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Было установлено, что подвижность суставов паретичных конечностей у постинсультных больных до реабилитационных мероприятий была ограниченной, что обусловлено спецификой патогенеза – наличием гемиплегии – и повышенным мышечным тонусом, препятствующим выполнению движений в полном объёме [6]. В результате проведенного курса реабилитации амплитуда движения в локтевом и лучезапястном суставе, коленном и голеностопном суставе выросла,

этому способствовало снижение спастичности мышц больных гемиплегией (табл. 1).

Таблица 1.
Динамика подвижности суставов (сгибание-разгибание) и уровня спастичности мышц-флексоров (экстензоров) у постинсультных больных в процессе реабилитации ($X \pm Sx$, n= 12).

Показатели	1 день	60 день	P	D,%
Локтевой сустав, град.;	89,3±0,5	113,0 ±0,2	<0,001	27
Спастичность мышц – флексоров, балл	2,7	1,8	<0,05	33
Лучезапястный сустав, град.;	75,0±0,5	98,0±0,3	<0,001	31
Спастичность мышц – флексоров, балл	2,9	1,9	<0,05	34
Коленный сустав, град.;	100,0±0,8	117,0±0,7	<0,001	17
Спастичность мышц – экстензоров, балл	2,6	1,6	<0,05	38
Голеностопный сустав, град.;	41,0±0,7	53,8±0,3	<0,001	31
Спастичность мышц – флексоров, балл	2,5	1,5	<0,05	40

Полагаем, что снижение мышечного дисбаланса обусловило увеличение объема движения в суставах, имеющих значительные ограничения до курса реабилитации, в силу клинических особенностей больных с цереброваскулярной патологией. Как показывают данные научных исследований, интенсивная нагрузка паретичной конечности вызывает повышение возбудимости нейрональных сетей в пораженной гемисфере. Для снижения спастичности были назначены упражнения, направленные на расслабление мышц, растяжение спастических мышц, подавление патологических синкинезий. Дозированное растягивание мышц позволяет на несколько часов снизить мышечный тонус и увеличить объем движений в соответствующем суставе [12]. Увеличить эффект кинезотерапии позволило обучение больного приемам аутогенной тренировки и включение ее элементов в процедуру лечебной гимнастики.

Как показали проведенные исследования, показатели сердечно-сосудистой системы больных в состоянии покоя до курса реабилитации характеризовались умеренной гипертензией. Реабилитационные мероприятия способствовали стабилизации основных показателей на более низком уровне: АД систолическое снизилось на 7,6 %, АД диастолическое – на 8 %, ЧСС – на 5 % ($p < 0,001$). Нашими исследованиями было установлено, что показатели сердечно-сосудистой системы при нагрузке также изменились в ходе реабилитации: результат ортостатической пробы снизился на 17,4 % ($p < 0,001$). Т.о., если до курса реабилитации реакцию на гравитационную нагрузку больных, перенесших инсульт, можно расценивать как

неудовлетворительную, то после проведенного курса – удовлетворительной [4]. Полученные изменения свидетельствуют об улучшении состояния сердечно-сосудистой системы, о повышении адаптационных возможностей больных. В то же время это говорит об улучшении состояния вегетативной нервной системы, о снижении тонуса симпатической нервной системы и повышении тонуса парасимпатической. Улучшение механизмов регуляции сосудистого тонуса является одной из основных составляющих реабилитационного процесса больных с цереброваскулярной патологией [13]. Согласно проведенным исследованиям, дыхательная система больных инсультом также изменилась в течение курса реабилитации. После проведенного курса реабилитации проба Штанге у обследуемых выросла на 11 % ($p < 0,001$). Повышение устойчивости к гипоксии является важным моментом адаптации организма к физическим нагрузкам, способствует восстановлению двигательной активности. Т.о., массаж, ЛФК и психотерапия на фоне диетотерапии оказали положительное воздействие на регулирующие структуры и обеспечили мягкий гипотензивный эффект.

Проведенный курс физической реабилитации в значительной степени изменил биохимическую картину полного спектра липидных показателей в крови больных, перенесших инсульт. Состояние пациентов с цереброваскулярной патологией накануне реабилитации можно характеризовать как близкое к гиперхолестеринемии, уровень ЛПНП – почти предельный.

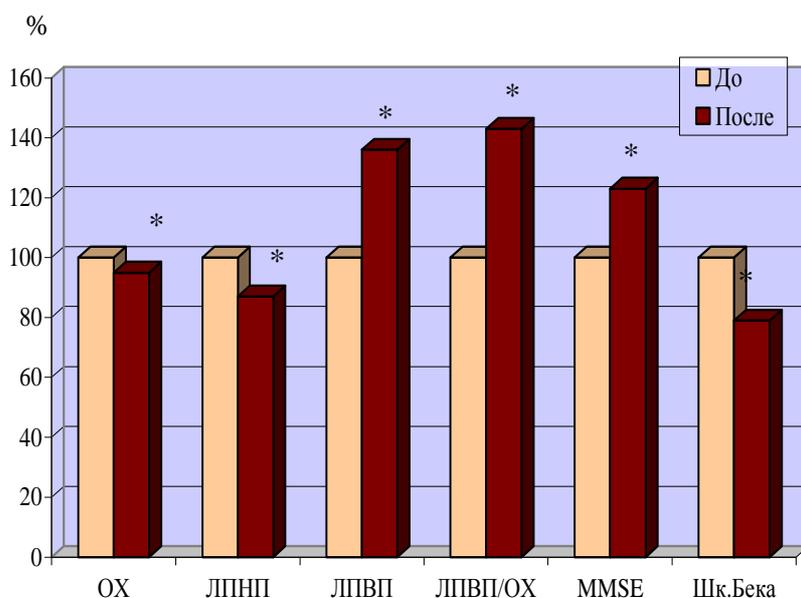


Рис. 1. Динамика биохимических показателей липидов крови и результатов психологического тестирования постинсультных больных на санаторном этапе реабилитации (относительно исходного уровня).

Примечание: * – различия статистически достоверны.

После курса реабилитации содержание холестеринových фракций нормализовалось, а отношение ЛПВП к общему холестерину увеличилось, достигнув благоприятного баланса (рис. 1). Коррекция липидного обмена у постинсультных больных создает необходимые условия для перестройки системы гемодинамики, в том числе сосудов головного мозга, что в целом отражает позитивную направленность предложенной реабилитационной программы [2].

В результате реабилитационной программы у больных улучшился психологический статус – по шкале MMSE выявлено минимальное проявление когнитивных нарушений. Установлено, что психоэмоциональное состояние постинсультных больных также изменилось. Как показали результаты тестирования при помощи методики Бека А.Т. (Beck Depression Inventory), уровень депрессии больных в начале реабилитации соответствовал умеренной, после курса – легкой степени выраженности (субдепрессия). Т.о., физическая и психологическая реабилитация препятствует развитию социальной и психической дезадаптации, проявлению астено-депрессивных и невротических симптомов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Нашими исследованиями установлено, что комплексная реабилитация, включающая ЛФК, массаж и психотерапию, на фоне лечебного питания способствовала улучшению состояния ЦНС, ОДА, вегетативной нервной системы, кардио-респираторной системы, нормализации метаболизма и психологического статуса постинсультных больных.
2. Выявлено, что курс реабилитации способствовал улучшению подвижности паретичной конечности больных в локтевом и лучезапястном суставе, при этом спастичность мышц-флексоров предплечья и кисти рук снизилась; подвижность в коленном и голеностопном суставе также выросла на фоне снижения спастичности мышц-экстензоров и флексоров.
3. Состояние сердечно-сосудистой системы больных улучшилось в результате комплексной реабилитации, снизился тонус симпатической нервной системы, показатели гемодинамики стабилизировались на уровне, соответствующем физиологической норме, устойчивость к гипоксии выросла.
4. Программа реабилитации способствовала улучшению метаболических процессов в организме постинсультных больных и нормализации липидного профиля.
5. Состояние психики больных значительно улучшилось: уровень когнитивных нарушений у больных (по шкале MMSE) уменьшился, проявление депрессии (по шкале депрессии Бека) снизилось.

Проведенные мероприятия могут быть рекомендованы для повышения качества жизни больных с цереброваскулярной патологией и профилактики повторного инсульта.

Список литературы

1. Виленский Б. С. Инсульт: профилактика, диагностика и лечение / Виленский Б. С. – СПб: «Фолиант» – 2002. – 397 с.

2. Лутай М. И. Атеросклероз: современный взгляд и патогенез./ М. И. Лутай. // Украинский кардиологический журнал – 2004. – №1.– С. 22–33.
3. Борисов В. А. Реабилитация постинсультных больных / В. А. Борисов, С. П. Маркин //Журнал теоретической и практической медицины. М., 2005. – №1 – С. 21.
4. Дудель Й. Физиология человека / Й. Дудель, Й. Рюэнт, Р. Шмидт и др. // Под ред Шмидта и Тевза, М:Мир. – 1996. – 1 том – 322 с.
5. Гехт А. Б. Качество жизни и лечение больных, перенесших инсульт. / А. Б. Гехт – М.: «Эхо», 2002 – 45 с.
6. Гусев Е. Комплексные лечебные мероприятия при церебральном инсульте. Опыт Российской Федерации. / Е. Гусев, В. Скворцова // Журнал для практических врачей №3, 2003. - С. 11-13.
7. Белова А. Н. Шкалы, тесты и опросники в медицинской реабилитации / А. Н. Белова, О. Н. Щепетова – М.: Антидор, 2002. – 440 с.
8. Епифанов В. А. ЛФК и спортивная медицина./ В. А.Епифанов. – М.: 1999. – 252 с.
9. Мошков В. Н. Лечебная физическая культура в клинике нервных болезней./ В.Н.Мошков. – М.: Медицина, 1982. – 112 с.
10. Вербов А. Ф. Лечебный массаж. – М.: Селена, 1999. – 236 с.
11. Лобзин В. С. Аутогенная тренировка./ В. С. Лобзин, М. М. Решетников. – Ленинград.: Медицина, 1986. – 259 с.
12. Добровольский В. К. Лечебная физкультура в реабилитации постинсультных больных./ В. К. Добровольский, А. М. Вишневская, В. А. Коровичина. – Л.: Медицина, Ленинградское отделение, 1986. – С. 11–140.
13. Грищенко С. В. Распространенность и выраженность прогностических признаков мозгового инсульта среди больных гипертонической болезнью / С. В. Грищенко // Международный медицинский журнал – 2003 –Т.9, №2. – С. 42–48

EFFICIENCY OF COMPLEX REHABILITATION OF POST-STROKE PATIENTS FOR SANATORIUM-POLYCLINIC STAGE

Malygina V. I., Bernov A. V.

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

The problem of prevention and treatment of acute cerebrovascular accidents, in recent years, is becoming increasingly important. Every year, the world catches a stroke more than 15 million man. The increased incidence of stroke is associated with an increase in life expectancy in most countries. However, there is another trend – the younger stroke. In recent years, at least 20 % of stroke patients are diagnosed before age 50 years.

It is known that high levels of cholesterol low-density lipoprotein refers to cerebrovascular disease risk factors, it is established that there is a temporal relationship cognitive disorders and cerebrovascular disease. Rehabilitation of patients with stroke is one of the most relevant, actively developed problems of modern medicine.

The aim of this study was: a study of the effectiveness of rehabilitation complex, consisting of therapeutic exercises, massage and autogenous training on dietetics background during the rehabilitation of stroke patients in the sanatorium. Massage was aimed at reducing the tone of the spastic muscles and some of his rise in the antagonist muscles. To reduce spasticity were assigned exercises aimed at muscle relaxation, stretching spastic muscles, inhibition of pathological synkinesis.

The research work was done on the basis of rehabilitation Saki city center within 60 days. The survey was attended by 12 middle-aged men. In all patients, based on the judgment-neurologist, I had a stroke with damage to the left-hand or right hemisphere and a violation of the motor function as hemiparesis mild to moderate severity.

The data obtained are statistically processed using parametric and nonparametric methods of investigation.

To determine the effectiveness of rehabilitation measures, we investigated: the mobility of the joints (elbow, wrist, knee and ankle), the amount of muscle spasm, heart rate levels, blood pressure, orthostatic stability, Stange test, lipid content in the blood serum levels of depression by Beck method, evaluation of cognitive impairment on the MMSE scale.

It was found that the program helped to reduce muscle spasm and improve motor function paretic limbs, reduction of hypercholesterolemia, normalization of hemodynamics and improve the psychological condition of the patients.

The results prove the effectiveness of a comprehensive rehabilitation program in the recovery of patients with ischemic stroke in the condition of the rehabilitation center.

Keywords: ischemic stroke, hemiparesis, spastic paralysis, synkineses, autogenous training, neuromuscular apparatus, atherogenic index, psychological rehabilitation.

References

1. Vilenskiy B. S. *Stroke: Prevention, diagnosis and treatment*, 397 p. (SPb: Publishing house "Folio" – 2002).
2. Lutai M. I. Atherosclerosis: pathogenesis and modern look, *Ukrainian Cardiology Journal*, **1**, 22 (2004).
3. Borisov V. A., Markin S. P. Rehabilitation of post-stroke patients, *Journal of theoretical and practical medicine.*, **1**, 21 (2005).
4. Dudel J. Y. Ryuent, R. Shmidt etc., *Human Physiology, Ed. Schmidt and Tevs*, **1**, 322 p. (M.: Mir. – 1996).
5. Hecht A. B. *Quality of life and treatment of stroke patients*, 45 p. (M.: Publishing and printing company "Echo", 2002).
6. Gusev E., Skvortsova V. I. Complex therapeutic measures in cerebral stroke. The experience of the Russian Federation, *Journal for practitioners*, **3**, 11 (2003).
7. Belova A. N., Shepetova O. N. *Scales, tests and questionnaires in medical rehabilitation*, 440 p. (M.: antidoron, 2002).
8. Epifanov V. A. *Physical therapy and sports medicine*, 252 p. (M.: 1999).
9. Moshkov V. N. *Therapeutic physical culture in the clinic of nervous diseases*, 112 p. (M.: Medicine, 1982).
10. Verbov A. F. *Massotherapy*, 236 p. (M.: Selena, 1999).
11. Lobzin B. C., Reshetnikov M. M. *Autogenous training*, 259 p. (Leningrad.: Medicine, 1986).
12. Dobrovolsky V. K., Vishnevskaya A. M., Korovitsina V. A., *Exercise therapy in the rehabilitation of post-stroke patients*, 11–140 pp. (L.: Medicine, Leningrad branch, 1986).
13. Grishchenko S. V. The prevalence and severity predictors of stroke among patients with hypertension, *International Journal of Medicine*, **9**, **2**, 42 (2003).

УДК 612.821

ЭЭГ-КОРРЕЛЯТЫ ТЕМПЕРАМЕНТА У ДЕТЕЙ-СИРОТ В ВОЗРАСТЕ ОТ ПОЛУТОРА ДО ТРЕХ ЛЕТ

Михайлова А. А.¹, Тимуш И. Я.², Павленко В. Б.¹

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

²Дом ребенка «Елочка», Симферополь, Россия
E-mail: anna.kulenkova@gmail.com

Изучали особенности связи факторов темперамента с характеристиками электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у 41 ребенка возрастом от одного до трех лет, воспитывающихся в детском доме. Выявили, что у детей-сирот показатели фактора темперамента «отрицательная эмоциональность» связаны с относительной мощностью (ОМ) альфа-ритма отрицательно, а с ОМ тета-, бета- и гамма-ритмов положительно в ряде отведений. Выявлена положительная корреляция значений фактора темперамента «экстраверсия/подъем» с ОМ альфа-ритма в левом височном отведении. С показателями фактора темперамента «волевая регуляция» выявлены отрицательные корреляции ОМ бета- и гамма-ритмов во фронтальном отведении левого полушария. Данные корреляции могут быть обусловлены специфическими условиями воспитания, которые на ранних этапах развития оказывают влияние на созревание эмоциогенных структур мозга и формирование темперамента детей-сирот.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, дети-сироты, темперамент.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно современным представлениям темперамент – это индивидуальные различия в эмоциональности и реактивности [1]. На формирование темперамента оказывают влияние как генетические, так и средовые факторы [2–4]. Ярким примером влияния неблагоприятного фактора среды на особенности формирования характеристик темперамента является воспитание детей в специализированных учреждениях, поскольку в таких условиях дети подвергаются сенсорной, социальной и материнской депривациям [5]. Всестороннего изучения требует проблема влияния неоптимальной среды воспитания на особенности формирования темперамента детей в раннем возрасте, поскольку в первые годы жизни продолжается морфофункциональное созревание различных структур головного мозга, в том числе и эмоциогенных [6]. Ранее нами было установлено, что у детей-сирот наблюдается специфический паттерн ЭЭГ, который, возможно, связан с отклонениями в созревании структур ЦНС [7]. Также было выявлено, что у детей раннего возраста, воспитывающихся в полных семьях, особенности темперамента отражаются в характеристиках ЭЭГ [8]. В связи с вышеизложенным, мы предполагаем, что у детей-сирот с их специфическими особенностями темперамента и паттерна ЭЭГ будут выявлены ЭЭГ-корреляты темперамента, отличающиеся по сравнению с детьми, воспитывающимися в полных семьях.

Поэтому целью данного исследования явилось выявление взаимосвязей ОМ ритмов ЭЭГ со значениями факторов темперамента у детей-сирот раннего возраста, воспитывающихся в детском доме.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 41 ребенок из дома ребенка «Елочка» (г. Симферополь) возрастом от 17 до 37 месяцев (27 мальчиков и 14 девочек, средний возраст $30,1 \pm 0,8$ месяцев). В обследованную группу не были включены дети: с массой тела при рождении менее 2.5 кг, с наличием генетических заболеваний, с наличием записей в медицинской карточке о заболеваниях ЦНС и с зарегистрированным фетальным алкогольным синдромом, а также левши (рисующие левой рукой).

Для определения характеристик темперамента психологу детского дома предлагали заполнить короткую версию адаптированного русскоязычного опросника для изучения темперамента детей раннего возраста («Опросник поведения в раннем детстве» – ОПРД) [9, 10]. ОПРД заполняется основными воспитателями детей. Он содержит 36 вопросов о выраженности разных элементов поведения у ребенка. Воспитатели дают ответы исходя из семибальной шкалы: 1 – такое поведение не встречается никогда, 2 – очень редко, 3 – меньше половины времени, 4 – около половины времени, 5 – больше половины времени, 6 – почти всегда, 7 – всегда. С помощью ОПРД оценивали три фактора темперамента: «отрицательная эмоциональность» (Negative affectivity), «экстраверсия/подъем» (Surgency / Extraversion) и «волевая регуляция» (Effortful Control). Подробное описание факторов приведено нами ранее [11].

ЭЭГ регистрировали в состоянии устойчивого зрительного внимания (УЗВ). Во время записи ребенку с экрана компьютера показывали видеозапись вращающегося мяча с меняющимся геометрическим рисунком. Регистрацию ЭЭГ осуществляли с помощью компьютерного телеметрического электроэнцефалографа («Тредекс»). Для обработки и анализа ЭЭГ использовали программу «EEG Mapping 6» (программист Е. Н. Зинченко). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от префронтальных (Fp_1 , Fp_2), фронтальных (F_3 , F_4), задних ниже-лобных (F_7 , F_8), центральных (C_3 , C_4), средне-височных (T_3 , T_4), задне-височных (T_5 , T_6), теменных (P_3 , P_4) и затылочных (O_1 , O_2) локусов в соответствии с международной системой «10–20». Длительность каждой записи составляла 60 с. Отрезки ЭЭГ подвергали предварительному визуальному анализу; артефакты, связанные с движениями, удаляли.

Определяли значения ОМ ЭЭГ в следующих частотных диапазонах, соответствующих тета- (3–5 Гц) [12, 13], альфа- (6–9 Гц) [14], бета- (10–25 Гц) [15] и гамма- (26–45 Гц) [16] ритмам. ОМ для каждого ритма ЭЭГ рассчитывалась как отношение мощности отдельного ритма к сумме мощностей всех исследованных ритмов диапазона 3–45 Гц в данном отведении [17, 18].

Результаты электрофизиологического исследования количественно обрабатывались с использованием стандартных приемов вариационной статистики. Поскольку распределение данных в ряде случаев отличалось от

нормального, статистическую обработку проводили с использованием корреляционного анализа по Спирмену. Достоверными считали корреляции при $p \leq 0,05$.

Настоящее исследование соответствовало этическим принципам Хельсинкской декларации 1964 г. и было одобрено этическим комитетом Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нами выявлено, что средние значения факторов темперамента у детей-сирот возрастом от 17 до 37 месяцев составляют: «отрицательная эмоциональность» – $3,47 \pm 0,08$; «экстраверсия/подъем» – $3,61 \pm 0,12$; «волевая регуляция» – $4,46 \pm 0,09$. По сравнению с детьми, воспитывающимися в семьях, исследованными нами ранее [8], у детей-сирот ниже значения фактора «экстраверсия/подъем» и выше фактора «отрицательная эмоциональность». Другие авторы также выявили, что у детей, которые воспитывались в детских домах в первые годы жизни, наблюдалось искажение привязанности и «трудный» темперамент [19].

Для выявления нейрофизиологических особенностей формирования темперамента у детей-сирот мы провели корреляционный анализ между показателями биоэлектрической активности мозга и выраженностью шкал темперамента.

На рис. 1. представлены диаграммы коэффициентов корреляций между ОМ ритмов ЭЭГ и значениями фактора темперамента «отрицательная эмоциональность». Нами выявлены значимые отрицательные связи значений фактора «отрицательная эмоциональность» с ОМ альфа-ритма ЭЭГ в правом заднем нижне-лобном (F_8 : $r = -0,34$; $p = 0,03$), в центральных (C_3 : $r = -0,35$; $p = 0,03$; C_4 : $r = -0,40$; $p = 0,013$) и в левом теменном (P_3 : $r = -0,39$; $p = 0,013$) отведениях. С остальными ритмами ЭЭГ показатели данного фактора темперамента коррелировали положительно. С ОМ тета-ритма значения по шкале «отрицательная эмоциональность» достоверно коррелировали в левом теменном отведении (P_3 : $r = 0,38$; $p = 0,016$). Известно, что высокий тета-ритм связывают с эмоциональными переживаниями, а альфа-ритм – с состоянием расслабления [20]. Таким образом, чем ниже ОМ альфа- и выше ОМ тета-ритма ЭЭГ, тем выше уровень «отрицательной эмоциональности» у детей-сирот. Данный факт может объясняться тем, что дети-сироты с высоким уровнем «отрицательной эмоциональности» более тревожно воспринимали экспериментальную ситуацию. Между ОМ бета-ритма и фактором темперамента «отрицательная эмоциональность» выявлены значимые положительные корреляции в правом заднем нижне-лобном (F_8 : $r = 0,34$; $p = 0,03$), в правом средне-височном (T_4 : $r = 0,36$; $p = 0,02$) и левом задне-височном (T_5 : $r = 0,32$; $p = 0,04$) отведениях. Между ОМ гамма-ритма и значениями данного фактора темперамента выявлены статистически значимые положительные корреляции в средне-височном отведении правого полушария (T_4 : $r = 0,35$; $p = 0,03$).

В предыдущей работе нами было выявлено, что у детей раннего возраста, воспитывающихся в семьях, наблюдаются отрицательные корреляции показателей

фактора «отрицательная эмоциональность» с ОМ бета- и гамма-ритмов ЭЭГ [8]. Корреляции фактора темперамента «отрицательная эмоциональность» с ОМ бета- и гамма-ритмов ЭЭГ у детей-сирот отличаются по сравнению с детьми, воспитываемыми в полных семьях. В работах с участием взрослых испытуемых было выявлено, что спектральная плотность мощности бета1- и (особенно) бета2-ритмов ЭЭГ позитивно коррелирует с оценками ситуативной и личностной тревожности [21]. Принято считать, что тревожные люди склонны к навязчивым размышлениям о возможных опасностях и угрозах, что и приводит к усилению высокочастотных ритмов ЭЭГ. Не исключено, что подобные психологические особенности присущи детям-сиротам с высоким уровнем отрицательной эмоциональности.

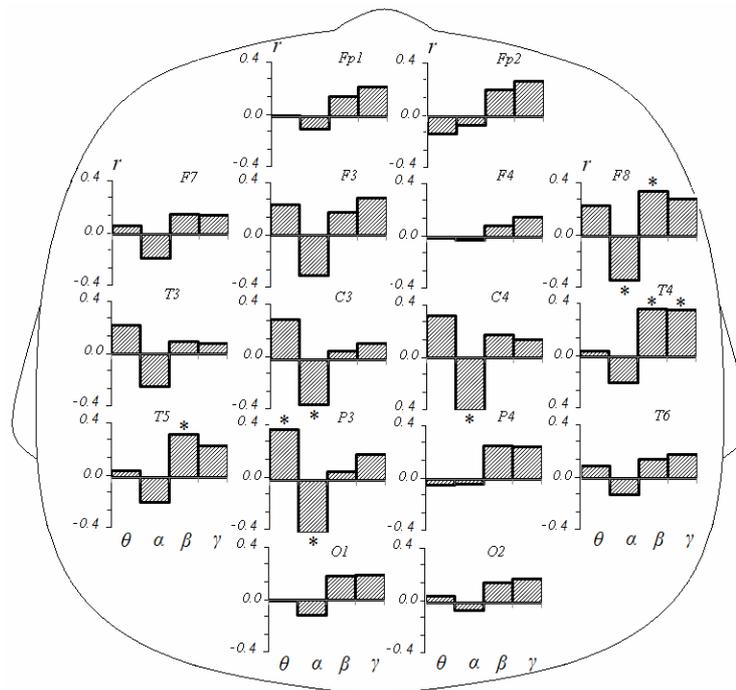


Рис 1. Диаграммы коэффициентов корреляций между относительной мощностью ритмов ЭЭГ и уровнем фактора темперамента «отрицательная эмоциональность» у детей-сирот. Каждая диаграмма соответствует определенному локусу отведения. По горизонтали – ритмы ЭЭГ (тета-, альфа-, бета- и гамма-); по вертикали – значения коэффициента корреляции. * – статистически значимые корреляции при $p \leq 0.05$.

Между значениями фактора темперамента «экстраверсия/подъем» и ОМ ритмов ЭЭГ были выявлены лишь относительно слабые корреляционные зависимости (рис. 2). Статистически значимые корреляции наблюдались только в одном случае: между уровнем «экстраверсия/подъем» и ОМ альфа-ритма выявлена положительная

корреляция в средне-височном отведении левого полушария (T_3 : $r=0,32$; $p=0,04$). В предыдущем исследовании нами было выявлено, что у детей, воспитывающихся в семьях, с большими показателями по шкале «экстраверсия/подъем» выше ОМ бета- и гамма-ритмов ЭЭГ в левой височной области [8].

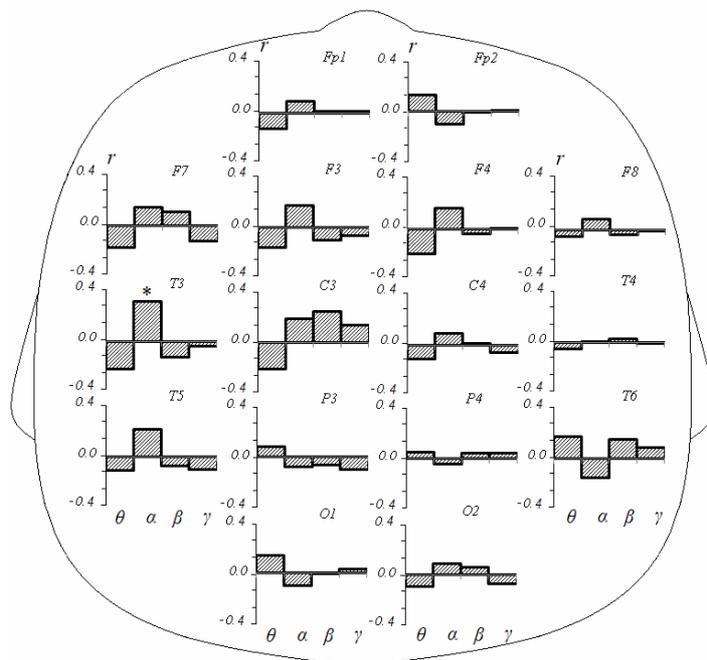


Рис 2. Диаграммы коэффициентов корреляций между относительной мощностью ритмов ЭЭГ и уровнем фактора темперамента «экстраверсия/подъем» у детей-сирот раннего возраста. Каждая диаграмма соответствует определенному локусу отведения. По горизонтали – ритмы ЭЭГ (тета-, альфа-, бета- и гамма-); по вертикали – значения коэффициента корреляции. * – статистически значимые корреляции при $p \leq 0,05$.

Активацию левого полушария традиционно связывают с положительными эмоциями [22], что и наблюдалось у детей, воспитывающихся в семьях. У детей-сирот, в отличие от семейных, общий уровень фактора темперамента «экстраверсия/подъем» понижен. Возможно, семейные дети, более склонные к позитивной эмоциональности и к восприятию нового, при просмотре видеозаписи находились в ожидании смены изображения. У них больше активировалось внимание, что сопровождалось повышением высокочастотных ритмов. У детей-сирот уровень фактора темперамента «экстраверсия/подъем» был низким, поэтому у большинства испытуемых данная экспериментальная ситуация не вызвала эмоциональной реакции и больше сходна с состоянием покоя.

На рис 3. представлены корреляции между значениями фактора темперамента «волевая регуляция» и ритмами ЭЭГ у детей-сирот. Значения фактора темперамента «волевая регуляция» значимо и отрицательно коррелировали с ОМ бета- (F_3 : $r= 0,43$; $p=0,01$) и гамма- (F_3 : $r= 0,45$; $p=0,01$) ритмов ЭЭГ во фронтальном отведении левого полушария. В предыдущей нашей работе показано, что у семейных детей уровень самоконтроля отрицательно коррелировал с ОМ тета- и положительно с ОМ альфа- и бета-ритмов в большем числе отведений [8].

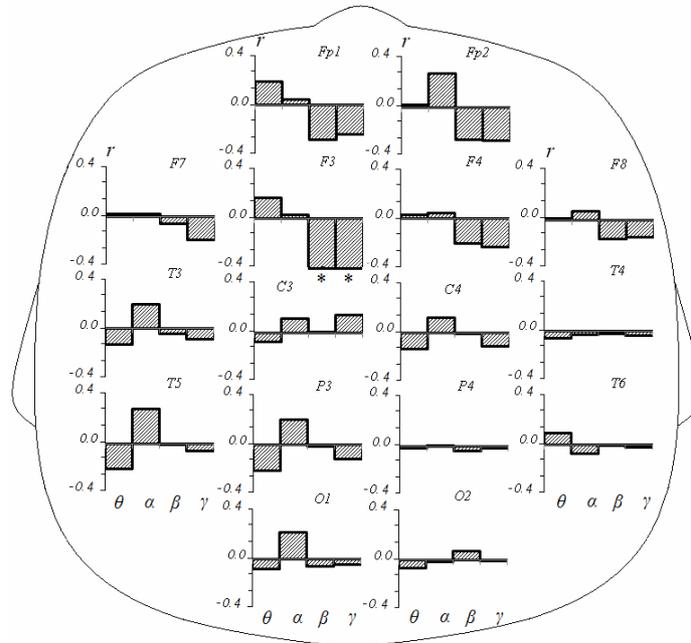


Рис 3. Диаграммы коэффициентов корреляций между относительной мощностью ритмов ЭЭГ и уровнем фактора темперамента «волевая регуляция» у детей-сирот раннего возраста. Каждая диаграмма соответствует определенному локусу отведения. По горизонтали – ритмы ЭЭГ (тета-, альфа-, бета- и гамма-); по вертикали – значения коэффициента корреляции. Звездочками отмечены корреляции, достигшие статистической достоверности (* – $P \leq 0.05$, ** – $P \leq 0.01$).

Авторы используемой нами модели темперамента полагают, что когнитивная и эмоциональная саморегуляция обеспечивается мозговыми структурами, связанными с «исполнительным вниманием» (контролем) [23]. Регуляция реактивности (самоконтроль) происходит на ранних этапах развития за счет работы ориентировочной системы внимания (orienting attention system), а позже в основном за счет исполнительной системы внимания (executive attention system). В период перехода от младенчества к раннему детству наряду с изменением особенностей саморегуляции темперамента происходит быстрое развитие структур исполнительной системы внимания мозга [24], которая контролируется дофамином (ДА) из области вентрального тегмента [23]. В исследованиях на кошках было

показано, что активность ДА-нейронов вентрального тегмента положительно коррелирует с мощностью альфа- и бета-ритмов ЭЭГ [25]. Возможно, у детей, воспитывающихся в семьях, положительная корреляция между фактором темперамента «волевая регуляция» и ОМ альфа- и бета-ритмов ЭЭГ может свидетельствовать о нормальном формировании структур исполнительной системы внимания мозга. У детей-сирот ЭЭГ-корреляты фактора темперамента «волевая регуляция» отличаются по сравнению с детьми, воспитывающимися в семьях. Мы предполагаем, что под влиянием ряда неблагоприятных факторов у детей-сирот происходит задержка перехода от ориентировочной системы контроля внимания к исполнительной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. У детей раннего возраста, воспитывающихся в детском доме, характеристики темперамента связаны с показателями ОМ ритмов ЭЭГ.
2. У детей-сирот значения фактора темперамента «отрицательная эмоциональность» связаны с ОМ альфа-ритма отрицательно, а с ОМ тета-, бета- и гамма-ритмов положительно в ряде отведений. Выявлена положительная корреляция значений фактора темперамента «экстраверсия/подъем» с ОМ альфа-ритма в левом височном отведении. С фактором темперамента «волевая регуляция» выявлены отрицательные корреляции ОМ бета- и гамма- ритмов во фронтальном отведении левого полушария.
3. Корреляции между степенью выраженности характеристик темперамента и ОМ ритмов ЭЭГ у детей, воспитывающихся в детском доме, отличаются по сравнению с детьми, воспитывающимися в семьях. Такие отличия могут быть обусловлены особенностями воспитания, которые в первые годы жизни оказывают влияние на созревание эмоциогенных структур мозга и формирование темперамента.

Список литературы

1. Rothbart M. K. Temperament, development, and personality / M. K. Rothbart // *Curr. Dir. Psychol. Sci.* – 2007. – Vol. 16. – P. 207–212.
2. Бабынин Э. В. Генетические аспекты темперамента / Э. В. Бабынин // *Психологический журнал.* – 2003. – Т. 24, №5. – С. 95–102.
3. Plomin R. Genetic change and continuity from fourteen to twenty months: the MacArthur Longitudinal Twin Study / R. Plomin, R. N. Emde, J. M. Braungart [et al.] // *Child Dev.* – 1993. – Vol. 64, № 5. – P. 1354–1376.
4. Малых С. Б. Природа индивидуальных особенностей темперамента в подростковом возрасте / С. Б. Малых, Е. Д. Гиндина, В. В. Надысева // *Психологический журнал.* – 2004. – Т. 25, № 6. – С. 29–52.
5. Прихожан А. М. Психология сиротства 2-е изд. / А. М. Прихожан, Н. Н. Толстых. – СПб.: Питер, 2005. – 400 с.
6. Hanson J. L. Behavioral problems after early life stress: contributions of the hippocampus and amygdale / J. L. Hanson, B. M. Nacewicz, M. J. Sutterer [et al.] // *Biol. Psychiatry.* – 2015. – V. 77, №4. – P. 314–323.
7. Куленкова А. А. Особенности биоэлектрической активности мозга детей раннего возраста, воспитывающихся в детском доме / А. А. Куленкова, Ю. О. Дягилева, В. Б. Павленко [и соавт.] // *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова.* – 2015. – Т. 65, № 5. – С. 607–615.

8. Куленкова А. А. Нейрофизиологический анализ развития эмоциональной сферы детей раннего возраста / А. А. Куленкова, Ю. О. Дягилева, В. Б. Павленко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2014. – Т. 27 (66), № 3. – С. 78–87.
9. Putnam S. P. Measurement of fine-grained aspects of toddler temperament: The early childhood behavior questionnaire / S. P. Putnam, M. A. Gartstein, M. K. Rothbart // *Inf. Behavior and Dev.* – 2006. – Vol. 29. – P. 386–401.
10. Колмагорова А. В. Адаптация русскоязычной версии опросника для изучения темперамента детей раннего возраста / А. В. Колмагорова, Е. Р. Слободская, М. Э. Гарштейн // *Психологический журнал.* – 2008. – Т. 29, № 6. – С. 82–87.
11. Куленкова А. А. Взаимосвязь темперамента детей первых лет жизни с их физиологическими особенностями / А. А. Куленкова, В. Б. Павленко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2013. – Т. 26 (65), No 2. – С. 107–114.
12. McLaughlin K. A. Delayed maturation in brain electrical activity partially explains the association between early environmental deprivation and symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder / K. A. McLaughlin, N. A. Fox, C. H. Zeanah [et al.] // *Biological Psychiatry.* – 2010. – Vol. 68, № 4. – P. 329–336.
13. Cuevas K. A frequency band analysis of two year olds` memory processes / K. Cuevas, V. Raj, M. A. Bell // *International Journal of Psychophysiology.* – 2012. – V. 83, № 3. – P. 315–322.
14. Marshall P. J. Development of the EEG from 5 months to 4 years of age / P. J. Marshall, Y. Bar-Haim, N. A. Fox // *Clinical Neurophysiology.* – 2002. – Vol. 113. – P. 1199–1208.
15. Jennekens W. Topography of maturational changes in EEG burst spectral power of the preterm infant with a follow up at 2 years of age / W. Jennekens, H. J. Niemarkt, M. Engels [et al.] // *Clinical Neurophysiology* – 2012. – Vol. 123, № 11. – P. 2130–2138.
16. Saby J. N. The utility of EEG band power analysis in the study of infancy and early childhood / J. N. Saby, P. J. Marshall // *Dev. Neuropsychol.* – 2012. – Vol. 37, № 3. – P. 253–273.
17. Marshall P. J. Bucharest Early Intervention Project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania / P. J. Marshall, N. A. Fox // *J. Cognitive Neurosci.* – 2004. – Vol. 16, № 8. – P.1327–1338.
18. Marshall P. J. Effects of early intervention on EEG power and coherence in previously institutionalized children in Romania / P. J. Marshall, B. C. Reeb, N. A. Fox // *Dev. Psychopathol.* – 2008. – Vol. 20, № 3. – P. 861–880.
19. Stams G. J. Maternal sensitivity, infant attachment, and temperament in early childhood predict adjustment in middle childhood: the case of adopted children and their biologically unrelated parents / G. J. Stams, F. Juffer, M. H. van IJzendoorn // *Dev Psychol.* – 2002. – Vol. 38, № 5. P. 806–821.
20. Кропотов Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия (перевод с англ. Под ред. В.А. Пономарева) / Ю. Д. Кропотов. – Донецк: Издатель Заславский А. Ю., 2010. – 512 с.
21. Павленко В. Б. ЭЭГ-корреляты тревоги, тревожности и эмоциональной стабильности у взрослых здоровых испытуемых / В. Б. Павленко, С. В. Черный, Д. Г. Губкина // *Нейрофизиология/Neurophysiology.* – 2009. – Т. 41, № 5. – С. 400–408.
22. Davidson R. J. Asymmetrical brain activity discriminates between positive and negative affective stimuli in human infants / R. J. Davidson, N. A. Fox // *Science.* – 1982. – Vol. 218. – P. 1235–1237.
23. Posner M. I. Control Networks and Neuromodulators of Early Development / M. I. Posner, M. K. Rothbart, B. E. Sheese [et al.] // *Dev Psychol.* – 2012. Vol. 48, № 3. – P. 827–835.
24. Rothbart M. K. Developing mechanisms of self-regulation in early life / M. K. Rothbart, B. E. Sheese, M. R. Rueda [et al.] // *Emotion Review.* – 2011. – Vol. 3, № 2. – P. 207–213.
25. Куличенко А. М. Связь между активностью моноаминергических нейронов ствола мозга и спектральной мощностью ритмов ЭЭГ бодрствующей кошки / А. М. Куличенко, Ю. О. Дягилева (Фокина), О. И. Колотилова [и соавт.] // *Журнал высшей нервной деятельности.* – 2013. – Т. 63, № 5. – С. 579–588.

EEG-CORRELATES OF TEMPERAMENT IN INSTITUTIONALIZED CHILDREN AGED 1,5 TO 3 YEARS

*Mikhailova A. A.¹, Timush I. Ya.², Pavlenko V. B.¹*¹*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*²*Children's House «Tree», Simferopol, Russia**E-mail: anna.kulenkova@gmail.com*

41 institutionalized children aged 1–3 years underwent the study of temperament factors as they are correlated with different EEG properties. To diagnose the temperamental characteristics, the institution's psychologists were asked to fill in the Russian-language adapted short version of the Early Childhood Behavior Questionnaire (ECBQ) which consists of 36 questions describing various elements of children's behavior. There were assessed the three ECBQ factors of temperament: Negative affectivity, Surgency/Extraversion and Effortful Control. The EEG was recorded in children under the condition of fixed visual attention (FVA) with the use of "Tredex" encephalograph. The EEG-potentials were recorded with monopolar placement at prefrontal (Fp₁, Fp₂), frontal (F₃, F₄), posterior inferior frontal (F₇, F₈), central (C₃, C₄), middle-temporal (T₃, T₄), posterior temporal (T₅, T₆), parietal (P₃, P₄) and occipital (O₁, O₂) loci according to the international 10–20 system. The duration of each record equaled 60 seconds. The EEG relative power (RP) was calculated for the frequency bands corresponding to theta (3–5Hz), alpha (6–9Hz), beta (10–25Hz), and gamma (26–45Hz) rhythms.

The mean values of the temperament factors in 17–37 month old institutionalized children were as follows: Negative affectivity – 3,47±0,08; Surgency/Extraversion – 3,61±0,12; Effortful Control – 4,46±0,09. In comparison with the family reared children studied by us earlier, the institutionalized children had lower scores on the Surgency/Extraversion scale and higher scores on the Negative affectivity scale. The orphaned children showed the negative correlation of the Negative affectivity with the alpha RP, and the positive one with the theta, beta and gamma RP's in different loci. The positive correlation was found between the Surgency/Extraversion factor and the alpha RP in the left temporal locus. The Effortful Control factor correlated negatively with the beta and gamma RP's in the left frontal locus. The correlations of the temperament factors with the RP's of the studied EEG rhythms happened to be different for the institutionalized and the family-reared children. These differences are likely to be connected with the specific conditions of rearing children in specialized institutions, and might serve as the factors influencing the development of the brain emotional structures underlying the temperament formation in orphans during the early stages of the organism development.

Keywords: electroencephalogram, orphans, temperament.

References

1. Rothbart M. K. Temperament, development, and personality, *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, **16**, 207 (2007).
2. Babynin E. V. Geneticheskie aspekty temperamenta, *Psyhologicheskiy zhurnal*, **24**, **5**, 95 (2003).

3. Emde R. N., Braungart J. M., Campos J., Corley R., Fulker D. W., Kagan J., Reznick J.S., Robinson J, Zahn-Waxler C. et al. Genetic change and continuity from fourteen to twenty months: the MacArthur longitudinal twin study, *Child Dev.*, **64**, **5**, 1354 (1993).
4. Malyh S. B., Gindina E. D., Nadyseva V. V. Priroda individualnyh osobennostey temperamenta v podrostkovom vozraste, *Psyhologicheskyy zhurnal*, **25**, **6**, 29 (2004).
5. Prihozhan A. M., Tolstyh N. N. Psyhologiya sirotstva 2-e izd. SPb.: Piter, 400 (2005).
6. Hanson J. L. Nacewicz B. M., Sutterer M. J. [et al.] Behavioral problems after early life stress: contributions of the hippocampus and amygdale, *Biol. Psychiatry*, **77**, **4**, 314 (2015).
7. Kulenkova A. A., Dyagileva Yu. O., Pavlenko V. B. Osobennosti bioelektricheskoy aktivnosti mozga detey rannego vozrasta, vospityvayushihya v detscom dome, *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat.*, **65**, **5**, 607 (2015).
8. Kulenkova A. A., Dyagileva Yu. O., Pavlenko V. B. Neurofiziologicheskyy analiz razvitiya emotsionalnoy sfery detey rannego vozrasta, *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Biology, chemistry*, **27** (66), 3, 78 (2014).
9. Putnam S. P., Gartstein M. A., Rothbart M. K. Measurement of fine-grained aspects of toddler temperament: The early childhood behavior questionnaire, *Inf. Behavior and Dev.*, **29**, 386 (2006).
10. Kolmagorova A. V., Slobodskaya E. R., Gatstein M. A., Adptatsiya russkoyazychnoy versii oprosnika dlya izucheniya temperamenta detey rannego vozrasta, *Psyhologicheskyy zhurnal*, **29**, **6**, 82 (2008).
11. Kulenkova A. A., Pavlenko V. B. Vsaimosvyaz' temperamenta detey pervyih let zhyzni s ih fiziologicheskimi osobennostyami, *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Biology, chemistry*, **26** (65), 2, 107 (2013).
12. McLaughlin K. A., Fox N. A., Zeanah C. H., Sheridan M. A., Marshall P., Nelson C. A., Delayed maturation in brain electrical activity partially explains the association between early environmental deprivation and symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder, *Biological Psychiatry*, **68**, **4**, 336, (2010).
13. Cuevas K., Raj V., Bell M. A., A frequency band analysis of two year olds` memory processes, *International Journal of Psychophysiology*, **83**, **3**, 315 (2012).
14. Marshall P. J., Bar-Haim Y., Fox N. A., Development of the EEG from 5 months to 4 years of age, *Clinical Neurophysiology*, **113**, 1199 (2002).
15. Jennekens W., Niemarkt H. J., Engels M., Pasman J. W., van Pul C., Andriessen P. Topography of maturational changes in EEG burst spectral power of the preterm infant with a follow up at 2 years of age, *Clinical Neurophysiology*, **123**, **11**, 2130 (2012).
16. Saby J. N., Marshall P. J. The utility of EEG band power analysis in the study of infancy and early childhood, *Dev. Neuropsychol.*, **37**, **3**, 253 (2012).
17. Marshall P. J., Fox N. A., The Bucharest Early Intervention Project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania, *Journal of Cognitive Neuroscience*, **16**, **8**, 1327 (2004).
18. Marshall P. J., Reeb B. C., Fox N. A. Effects of early intervention on EEG power and coherence in previously institutionalized children in Romania, *Dev. Psychopathol.*, **20**, **3**, 861 (2008).
19. Stams G. J., Juffer F., van IJzendoorn M.H. Maternal sensitivity, infant attachment, and temperament in early childhood predict adjustment in middle childhood: the case of adopted children and their biologically unrelated parents, *Dev Psychol.*, **38**, **5**, 806 (2002).
20. Kropotov Yu. D. Kolichestvenaya EEG, kognitivnye vyzvanye potentsialy mozga cheloveka i neuroterapiya. Donetsk: Zaslavskii A. Yu., 512 (2010).
21. Pavlenko V. B., Chernyi S. V., Gubkina D. G. EEG-koreliaty trevogi, trevozhnosti i emotsionalnoy stsbilnosti u vzroslyh zdorovyh ispytuemyh, *Neurophysiology*, **41**, **5**, 400 (2009).
22. Davidson R. J., Fox N. A. Asymmetrical brain activity discriminates between positive and negative affective stimuli in human infants, *Science*, **218**, 1235 (1982).
23. Posner M. I., Rothbart M. K., Sheese B. E., Voelker P. Control networks and neuromodulators of early development, *Dev Psychol.*, **48**, **3**, 827 (2012).
24. Rothbart M. K., Sheese B. E., Rueda M. R., Posner M. I. Developing mechanisms of self-regulation in early life, *Emotion Review.*, **3**, **2**, 207 (2011).
25. Kulichenko A. M., Dyagileva Yu. O., Kolotilova O. I., Pavlenko V. B. Sviaz mezhdru aktivnostyu monoaminergicheskikh neuronov stvola mozga i spektralnoy moshnostyu ritmov EEG bodrstvuyushey koshki, *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat.*, **63**, **5**, 579 (2013).

УДК 577.113.4

ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ НИТРОЗАМИНОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ АЗОТИСТОГО ОБМЕНА В ТКАНЯХ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ

Омельченко С. О.¹, Залевская И. Н.²

¹ГБОУ ДПО РК «Крымский республиканский институт постдипломного педагогического образования» Симферополь, Россия

²Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: omesol@ukr.net

В статье приводятся данные исследований по содержанию микробиологических показателей, нитрозаминов и показателей азотистого обмена (свободного аминного азота, нуклеотидов и нуклеозидов) в тканях 5 видов черноморских рыб, относящихся к разным экологическим группам. Результаты исследований позволили установить взаимосвязь динамики нитрозаминов в тканях черноморских рыб с микробной зараженностью рыб. Выявлены тканеспецифические и видовые особенности содержания нуклеотидов и нуклеозидов у исследуемых рыб. Установлена зависимость между уровнем накопления нитрозаминов в тканях рыб и ответными реакциями показателей азотистого обмена исследуемых видов, относящихся к разным экологическим и таксономическим группам.

Ключевые слова: МАФАМ, сальмонелла, стафилококк, БГКП, листерия, нитроамины, свободный аминный азот, нуклеотиды и нуклеозиды, черноморские рыбы, Черное море.

ВВЕДЕНИЕ

Значительный антропогенный прессинг на морскую экосистему оказывают бытовые сточные воды промышленных предприятий, стоки с сельскохозяйственных угодий и ферм, которые вносят в морскую среду нехарактерные для нее микроорганизмы.

В настоящее время одной из острейших экологических проблем обозначено биологическое загрязнение морей и океанов, источником которого являются коммунальные и сельскохозяйственные сточные воды [1].

Болезнетворные бактерии, содержащиеся в стоках, представляют существенную опасность не только для морских обитателей, но и для людей, употребляющих в пищу зараженные морепродукты, а также и купающихся в инфицированной воде. Морепродукты являются причиной эпидемий (10–25 %), из них 25 % – при употреблении моллюсков, 86 % – при употреблении рыбы, содержащей биотоксины [2, 3].

Бактерии играют неоднозначную роль в жизни рыб, выступая как компоненты нормальной микробиоты, принимающие активное участие в пищеварительных процессах, и как возбудители болезней. Продуцируемые патогенными

микроорганизмами бактериальные эндотоксины образуются в живых организмах, вызывая токсикоинфекции. В частности, к возбудителям токсикоинфекций относятся многие бактерии рода *Salmonella*, бактерии группы кишечной палочки стафилококки, отдельные разновидности протей (*P. mirabilis*, *P. vulgaris*), энтерококков, спороносных аэробов (*Bac. cereus*), анаэробов (*C. perfringens*) и др. [2, 3].

Ситуация усугубляется развитием эвтрофикации прибрежных акваторий, что также способствует накоплению патогенных, опасных для здоровья человека и морских обитателей, микроорганизмов.

При разложении биомассы микроводорослей происходит обогащение воды аммиаком, служащим предшественником для синтеза нитрозаминов, которые синтезируются в результате реакций перехода одной формы азота в другую. В этих процессах принимают активное участие микроорганизмы, использующие минеральные соединения азота как источник кислорода и образующие при этом в числе промежуточных продуктов окислы азота, являющиеся предшественниками нитрозаминов. Эти канцерогены способны оказывать губительное воздействие на организм гидробионтов, модифицировать состояние репродуктивной системы, тем самым косвенно влияя на динамику численности популяций [4, 5].

Нитрозамины, воздействуя на живые организмы, поражают различные органы, ткани, эндоплазматический ретикулум печени. Нитрозамины угнетают белковый синтез на уровне трансляции. Эти токсиканты способны вызывать мутагенез, канцерогенез, что в конечном итоге вызывает гибель организма [6, 7].

Накопление нитрозаминов в печени рыб может привести к функциональной недостаточности органа и к нарушению азотистого обмена. В связи с этим изучение параметров азотистого обмена рыб представляет несомненный интерес для оценки влияния и последствий взаимодействия факторов среды и процессов метаболизма гидробионтов. Токсиканты способны нарушать структуру и функции биомолекул, приводить к патологическим проявлениям и снижению резистентности гидробионтов к изменяющимся условиям среды [6–8].

Целью настоящей работы явилось изучение взаимосвязи микробной зараженности рыб с динамикой содержания нитрозаминов в тканях некоторых видов черноморских рыб, относящихся к разным экологическим группам, также изучение влияния уровня нитрозаминов на показатели азотистого обмена.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования служили 4 вида костистых рыб, относящиеся к разным экологическим группам: бычок-мартовик (*Mesogobius batrachocephalus* Pallas), принадлежащий к донной группе; смарида (*Spicara flexuosa* Rafinesque) и темный горбыль (*Sciaena umbra* L), являющиеся придонно-пелагическими формами; ставрида средиземноморская (*Trachurus mediterraneus* Staindachner) – типичный пелагический вид. Кроме того, был исследован один вид донных хрящевых рыб – морской кот (*Raja clavata* L.). Рыб отлавливали в прибрежной части Черного моря в районе г. Севастополя в весенне-летний период.

Материалом исследования служила мышечная ткань, жабры, печень и сыворотка крови исследуемых видов рыб. Сыворотку получали путем отстаивания

крови в холодильнике при температуре +4 °С, ткани извлекали, хранили при -20 °С, после чего проводили экстракцию и определение нитрозаминов (НА) методом тонкослойной хроматографии [9]. В тканях осуществляли анализ содержания нуклеотидов и нуклеозидов спектрофотометрическим методом [10]. Содержание свободного аминного азота определяли в сыворотке крови рыб колориметрическим методом [11]. Микробиологические исследования проводили классическими методами согласно «Инструкции по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных» № 5319-91 [12]. Листерию определяли по ГОСТ Р 51921-2002 [13].

Сравнительный анализ данных осуществляли с использованием t-критерия Стьюдента [14]. Результаты считали достоверными в случае, если $p \leq 0,05$ [12]. С целью выявления зависимости между исследуемыми параметрами рассчитывали коэффициент корреляции для каждой пары значений с помощью стандартной программы «Excel». При этом считали, что при коэффициентах корреляций $0 < r < 0,3$ соответствует слабая связь, $0,3 < r < 0,5$ – умеренная, $0,5 < r < 0,7$ – значительная, $0,7 < r < 0,9$ – сильная.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показывают, что патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонелла, листерия и стафилококк, не были выявлены в тканях и органах рыб (табл. 1).

Таблица 1

Содержание патогенных микроорганизмов в мышечных тканях черноморских рыб

Объект исследований	МАФАМ	БГКП в 0,001 г	Патогенные микроорганизмы, в т.ч бактерии рода <i>Salmonella</i> в 25 г	<i>Staphylococcus aureus</i> , в 0,01 г	<i>Listeria monocitogenes</i> в 25 г
Морской кот	9×10^5	не выявлено	не выявлено	не выявлено	не выявлено
Бычок-мартовик	$5,4 \times 10^3$	не выявлено	не выявлено	не выявлено	не выявлено
Смарида	$5,6 \times 10^4$	выявлено, летом	не выявлено	не выявлено	не выявлено
Темный горбыль	$7,1 \times 10^2$	не выявлено	не выявлено	не выявлено	не выявлено
Ставрида	$4,2 \times 10^3$	не выявлено	не выявлено	не выявлено	не выявлено
ПДК	5×10^4	не допускается	не допускается	не допускается	не допускается

Примечание: БГКП – бактерии группы кишечной палочки, МАФАМ – мезофильные аэробные и факультативные анаэробные микроорганизмы.

Результаты исследования позволили установить определенные особенности содержания нитрозаминов в мышечной ткани исследуемых видов рыб. Уровень

этих канцерогенов варьирует в широких пределах, но не превышает ПДК. Максимальное количество НА обнаружено в мышечной ткани морского кота (1,9 нг/кг). В тканях костистых рыб значения этих показателей снижены (рис. 1).

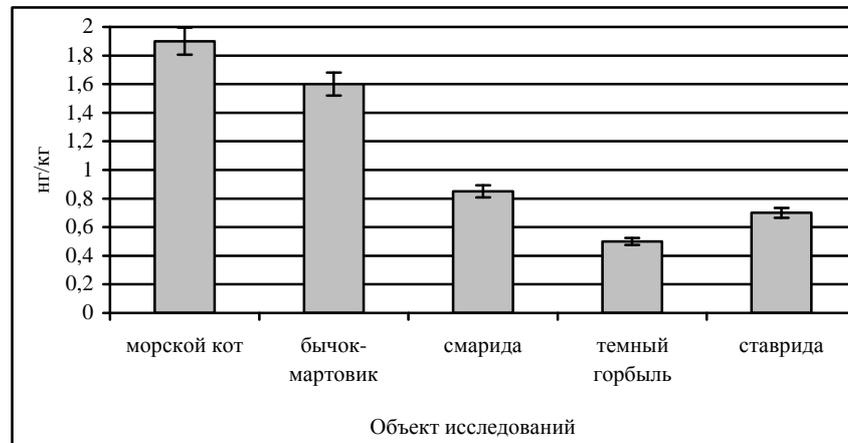


Рис. 1. Содержание нитрозаминов в мышечной ткани черноморских рыб.

Известно, что хрящевые рыбы имеют специфичный азотистый обмен, конечным продуктом которого является мочеви́на, концентрация которой в тканях нередко превышает 2 % и служит для осморегуляционных целей [8, 15, 16]. Помимо этого, для поддержания осмотического баланса у скатов присутствуют и другие азотсодержащие компоненты с низкой молекулярной массой – триметиламиноксид и бетаин [8, 15, 16]. Таким образом, насыщение тканей хрящевых рыб азотсодержащими компонентами может способствовать вовлечению их в реакции образования нитрозаминов по специфическим метаболическим путям, присущим эласмобранхиям.

Среди костистых рыб наибольшее содержание НА отмечено в мышцах бычка-мартовика, тогда как у остальных видов концентрация этих компонентов значительно ниже ($p < 0.01$), что может быть обусловлено более интенсивным метаболизмом, свойственным активному образу жизни. Помимо этого, пелагические и придонно-пелагические виды способны мигрировать из эвтрофированных сильно загрязненных районов, что также снижает вероятность образования нитрозаминов.

Данные наших исследований показывают, что микробное заражение смариды значительно возрастает в летний период по сравнению с низким содержанием нитрозаминов в мышечных тканях данного вида. Быстрый распад нитрозаминов в летнее время года можно объяснить действием УФ-части спектра, причем на фотохимическое разложение оказывают влияние содержание кислорода, pH воды, температура, солевой состав, присутствие микроорганизмов (биоразложение).

У донных морского кота и бычка-мартовика при более низком уровне МАФAM концентрация нитрозаминов в тканях исследуемых рыб повышается.

Повышенное содержание НА в тканях бентосных форм может быть обусловлено условиями обитания в более загрязненных придонных слоях воды, непосредственно соприкасающихся с грунтами, где аккумулируются загрязнители и токсиканты. Кроме того, оба вида питаются донными беспозвоночными, и накопление НА в их тканях может происходить за счет эффекта концентрирования, что отмечено и другими авторами [8, 17].

Результаты исследований позволили установить тканеспецифические и видовые особенности содержания нуклеотидов и нуклеозидов у исследуемых рыб. Максимальная концентрация этих компонентов обнаружена в печени рыб, в противоположность этому в жабрах и мышцах этот показатель существенно ниже (рис. 2).

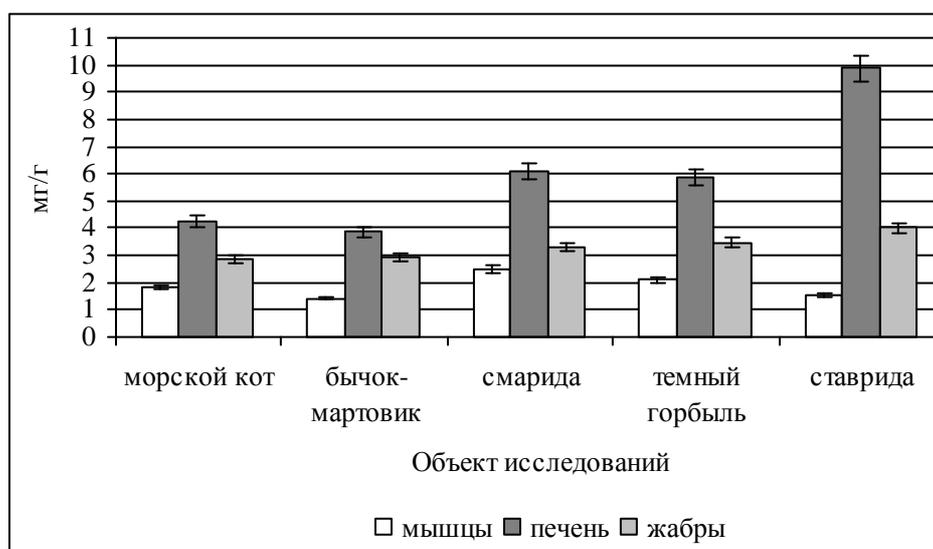


Рис. 2. Содержание нуклеотидов и нуклеозидов в тканях и органах черноморских рыб.

Самое высокое содержание нуклеотидов и нуклеозидов отмечено в печени ставриды, у донных видов оно существенно ниже, у придонно-пелагических форм имеет средние значения. В мышцах и жабрах исследуемых видов этот показатель варьирует в меньшей степени.

Наиболее высокое содержание нуклеотидов и нуклеозидов установлено в мышцах темного горбыля и смаиды (2,11 и 2,49 мг/г соответственно), у других видов этот показатель существенно ниже. В жабрах ставриды отмечена максимальная концентрация данных компонентов (4,01 мг/г), у остальных видов она ниже, минимальные значения выявлены в жабрах морского кота (2,84 мг/г) и в мышцах бычка-мартовика (1,43 мг/г).

Печень – важнейший метаболический орган, где протекают процессы синтеза многих веществ, происходящих под контролем нуклеиновых кислот, чем и объясняется повышенный уровень их основных компонентов в этом органе. В то же

время обращает на себя внимание увеличенный более чем в 2 раза уровень содержания нуклеотидов и нуклеозидов в печени ставриды по сравнению с другими исследуемыми видами. Являясь исходным материалом для построения молекул нуклеиновых кислот, эти компоненты также входят в состав различных коферментов, регулирующих обменные процессы в клетке [7, 18]. Очевидно, этим объясняется высокий уровень нуклеотидов и нуклеозидов в печени пелагических рыб, в организме которых осуществляется интенсивный обмен веществ с большим расходом энергии на плавательную активность. При этом показатели придонно-пелагических рыб имеют промежуточные значения, а у самых малоактивных донных видов морского кота и бычка-мартовика отмечены самые низкие концентрации этих компонентов в печени и в жабрах.

Наряду с мочевиной основным конечным продуктом азотистого обмена костистых рыб является аммиак, который диффундирует в водную среду через жабры и не задерживается в организме [7, 18].

Согласно приведенным данным (рис. 3) в сыворотке крови костистых рыб максимальная концентрация свободного аминного азота отмечена у смарида и темного горбыля (4,18 и 4,19 мг %), минимальная – у ставриды (3,19 мг %). Содержание свободного аминного азота в сыворотке крови хрящевое морского кота также снижено (3,38 мг %), содержание аминного азота в сыворотке крови донных рыб бычка-мартовика, морского кота и пелагической ставриды имеет сходные значения, которые существенно ниже ($p < 0.05$) соответствующих показателей у придонно-пелагических форм смарида и темного горбыля.

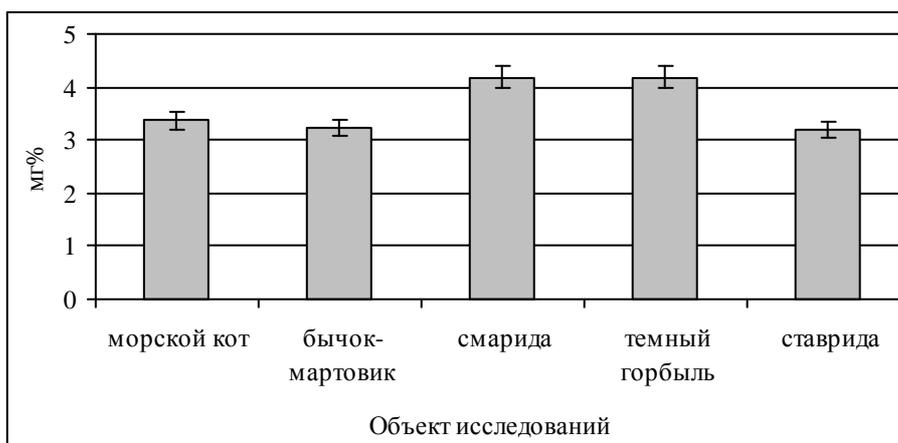


Рис. 3. Содержание свободного аминного азота в сыворотке крови черноморских рыб.

Можно предположить, что низкое содержание аммиака в сыворотке крови донных видов обусловлено их малоподвижным образом жизни и, следовательно, менее интенсивным обменом веществ. У пелагической активной ставриды также установлены низкие концентрации аминного азота в сыворотке крови, что может быть связано с интенсивной вентиляцией жабр и выведением аммиака из организма.

Были обнаружены высокие корреляции между содержанием показателей азотистого обмена в печени и концентрацией нитрозаминов в мышцах большинства исследованных видов рыб ($r=0,67 - 0,70$), что может быть связано с модификацией азотистого обмена и изменением соотношения нуклеотидов и нуклеозидов в результате биотрансформации нитрозаминов в организме рыб (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент корреляции (r) между содержанием аминного азота, нуклеотидов и нуклеозидов в тканях и органах черноморских рыб и нитрозаминов в мышцах рыб

Объект исследований	Нуклеотиды и нуклеозиды			Аминный азот
	мышцы	печень	жабры	сыворотка крови
Бычок-мартовик	0,38	-0,42	0,40	-0,52
Смарида	0,22	0,20	0,09	0,12
Ставрида	0,12	0,67	0,18	-0,52
Темный горбыль	0,53	0,70	0,70	0,73
Морской кот	0,36	0,69	0,81	0,18

Более низкая корреляция между содержанием нуклеотидов, нуклеозидов в жабрах и мышцах и нитрозаминов в мышцах рыб. При этом высокий коэффициент корреляции установлен у хрящевого морского кота, а среди костистых рыб – у темного горбыля.

Особенности содержания НА в мышцах могут быть обусловлены спецификой трансформации этих соединений в печени, клетки которой очень чувствительны к нитрозамину, даже если их содержание минимально [4, 19]. Именно в печени осуществляются такие жизненно важные процессы, как биосинтез белков и нуклеиновых кислот, в которых принимают активное участие нуклеотиды и нуклеозиды.

Результаты корреляционного анализа между содержанием аминного азота в сыворотке крови и нитрозаминов в мышечных тканях черноморских рыб показывают высокую положительную связь у придонно-пелагического темного горбыля ($r=0,73$). У придонного бычка-мартовика и пелагической ставриды эта связь слабеет ($r=-0,52$). Слабая корреляция установлена между содержанием нитрозаминов в мышцах и аминным азотом в сыворотке крови морского кота и смариды.

Таким образом, результаты исследований показали четкую зависимость между уровнем накопления нитрозаминов в тканях рыб и ответными реакциями показателей азотистого обмена исследуемых видов, относящихся к разным экологическим и таксономическим группам. Уровень нитрозаминов достигает высоких значений у придонных видов костистых и хрящевых рыб, ведущих малоподвижный образ жизни, тогда как параметры азотистого обмена имеют более низкие значения у этих видов по сравнению с другими рыбами. Нитрозамины могут оказывать модифицирующее действие на азотистый обмен рыб, что также зависит от видовых особенностей и принадлежности к разным экологическим видам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Обнаружена взаимосвязь динамики нитрозаминов в тканях черноморских рыб с микробной зараженностью рыб.
2. Уровень нитрозаминов достигает высоких значений у придонных видов костистых и хрящевых рыб по сравнению с рыбами, ведущими активный образ жизни.
3. Выявлены тканеспецифические и видовые особенности содержания нуклеотидов и нуклеозидов у исследуемых рыб.
4. Между показателями азотистого обмена и уровнем нитрозаминов в тканях большинства исследованных видов установлена тесная связь ($r=0,40-0,81$).

Список литературы

1. Rothbart M. K. Temperament, development, and personality / M. K. Rothbart // *Curr. Dir. Psychol. Sci.* – 2007. – Vol. 16. – P. 207–212.
2. Биомониторинг прибрежных вод Черного моря / И. И. Руднева [и др.] // *Водные ресурсы.* – 2005. – Вып. 32, № 2. – С. 238–246.
3. Симчук Г. В. Оценка микробного загрязнения морской воды и массовых видов рыб прибрежной части Черного и Азовского морей / Г. В. Симчук, В. Л. Зубаченко, С. О. Омельченко [и др.] // *Вісник Одеського національного університету. Серія: Біологія.* – 2005. – Т. 10, Вып. 7. – С. 201–207.
4. Руднева И. И. Сезонная динамика уровня микробного загрязнения прибрежных видов черноморских рыб / И. И. Руднева, И. Н. Залевская, С. О. Омельченко // *Ветеринарна медицина.* – 2008. – № 90. – С. 357–363.
5. Рубенчик Б. Л. Образование канцерогенов из соединений азота / Б. Л. Рубенчик. – К.: Наукова думка, 1990. – 220 с.
6. Содержание N-нитрозаминов в водных объектах в связи с антропогенным эвтрофированием / В. В. Станкевич [и др.] // *Гигиена населённых мест.* – 1988. – С. 26–31.
7. Виленчик М. М. Закономерности молекулярно-генетического действия химических канцерогенов / М. М. Виленчик. – М.: Наука, 1977. – 249 с.
8. Хочачка П. Биохимическая адаптация / П. Хочачка, Дж. Сомеро. – М.: Мир, 1988. – 568 с.
9. Кулинский В. И. Обезвреживание ксенобиотиков / В. И. Кулинский // *Успехи современной биологии.* – 1999. – С. 35–42.
10. Методические рекомендации по обнаружению, идентификации и количественному определению N-нитрозаминов в пищевых продуктах: № 1959-59. [Действующий от 1979-11-01]. М.: Ин-т пит. РАМН, 1979. – 13 с.
11. Спирин А. С. Спектрофотометрическое определение суммарного количества нуклеиновых кислот / А. С. Спирин // *Биохимия.* – 1958. – Т. 23, Вып. 5. – С. 656–662.
12. Пустовалова Л. М. Практикум по биохимии / Л. М. Пустовалова. – Ростов- н/Д. : Феникс, 1990. – С. 23–224.
13. Инструкция по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных, утвержденная Министерством здравоохранения СССР 22.02.91 N 5319-91 и Министерством рыбного хозяйства СССР 18.11.90.
14. ГОСТ Р 51921-2002 Продукты пищевые. Методы выявления и определения бактерий *Listeria monocytogenes*.
15. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
16. Rudneva I. I. Environmental and security challenges in the Black Sea region / I. I. Rudneva, E. Petzold-Bradley // *In Environmental conflicts: Implications for Theory and Practice.* Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2001. – P. 189–202.
17. Тутельян В. А. О механизме острого токсичного действия N-нитрозодиметиламина / В. А. Тутельян, Н. В. Лашнева // *Фармакология и токсикология.* – 1983. – С. 111–114.
18. Zou X. N. Volatile N-nitrosamines and their precursors in Chinese salted fish - a possible etiological factor for NPC in China / X. N. Zou, S. H. Lu, B. Liu // *Int. J. Cancer.* – 1994. – Vol. 59, No 2. – P. 155–158.

19. Немова Н. Н. Биохимическая индикация состояния рыб / Н. Н. Немова, Р. У. Высоцкая. – М.: Наука, 2004. – 215 с.
20. Xenobiotic metabolism markers in marine fish with different trophic strategies and their relationship to ecological variables / M. Sole [et al.] // *Comparative Biochemistry and Physiology*. – 2009. – Vol. 149. – P. 83–89.

MICROBIAL CONTAMINATION AND NITROSAMINES INFLUENCE ON CHANGE OF NITROGEN METABOLISM IN TISSUES OF BLACK SEA FISH

Omelchenko S. O.¹, Zalevskaya I. N.²

¹*The Crimean Regional in-service Teacher Training Institute*

²*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*

E-mail: omesol@ukr.net

Currently, one of the most pressing environmental problems is the biological pollution of the seas and oceans, the source of which are municipal and agricultural wastewater.

The situation is exacerbated by the development of eutrophication of coastal waters, which also contributes to the accumulation of pathogens that are dangerous to human health and marine life organisms.

The decomposition of the biomass of microalgae is enriched with ammonia water, serving a precursor for the synthesis of nitrosamines. Nitrosamines, acting on living organisms affect various organs and tissues, the endoplasmic reticulum of the liver.

The aim of this work is to study the relationship of microbial contamination of fish with the dynamics of nitrosamines in the tissues of some species of the Black Sea fish belonging to various ecological groups, and how the level of nitrosamines influences on nitrogen metabolism.

The objects of study is four species of bony fish belonging to different ecological groups and one species of bottom cartilaginous fish – common stingray. The material of the study is muscle, gills, liver and blood serum of investigated species.

Microbiological studies were carried out by classical methods, the determination of nitrosamines – by thin layer chromatography analysis, the content of nucleotides and nucleosides – by spectrophotometric method, the content of free amino nitrogen was determined in the blood serum of fish by colorimetric method.

The results of studies have established the relationship dynamics of nitrosamines in the tissues of the Black Sea fish with microbial contamination of fish. Tissue-specific and specific features of the content of nucleotides and nucleosides are revealed in the studied fish. We have established the dependence between the level of accumulation of nitrosamines in the tissues of fish and response parameters of nitrogen metabolism of the studied species belonging to different ecological and taxonomic groups.

Keywords: MAFAM, Salmonella, *Staphylococcus aureus*, coliform bacteria, Listeria, nitrosamines, free amino nitrogen, nucleotides and nucleosides, Black Sea fish, the Black Sea.

References

1. Rudneva I. I., Biomonitoring pribrezhnyh vod Chernogo moray, *Vodnye resursy*, **32** (2), 238 (2005).
2. Simchuk G. V., Zubachenko V. L., Omelchenko S. O., Ocenka mikrobnogo zagryazneniya morskoy vody i massovyh vidov ryb pribrezhnoy chasti Chernogo i Azovskogo morey, *Vestnik Odesskogo nacionalnogo universiteta. Seriya: Biologiya*, **10** (7), 201 (2005).
3. Rudneva I. I., Zalevskaya I. N., Omelchenko S. O., Sezonnaya dinamika urovnya mikrobnogo zagryazneniya pribrezhnyh vidov chernomorskih ryb, *Veterinarna medicina*, **90**, 357. (2008).
4. Stankevich V. V., Soderzhanie N-nitrozaminov v vodnyh obektah v svyazi s antropogennym evtrofirovaniem, *Gigiena naselyonnyh mest*, 26, (1988).
5. Rubenchik B. L. *Obrazovanie kancerogenov iz soedineniy azota*, 220 p. (K.: Naukova dumka, 1990).
6. Vilenchik M. M., *Zakonomernosti molekulyarno-geneticheskogo deystviya himicheskikh kancerogenov*, 249 p. (M.: Nauka, 1977).
7. Hochachka P. Somero Dzh., *Biohimicheskaya adaptaciya*, 568 (M.: Mir, 1988).
8. Kulinskiy V. I., Obezvrezhivanie ksenobiotikov, *Uspehi sovremennoy biologii*, 35–42 (1999).
9. Metodicheskie rekomendacii po obnaruzheniyu, identifikacii i kolichestvennomu opredeleniyu N-nitrozaminov v pischevyh produktah: № 1959-59 (M.: In-t pit. RAMN, 1979).
10. Spirin A. S. Spektrofotometricheskoe opredelenie summarnogo kolichestva nukleinovyyh kislot, *Biohimiya*, **23**, 5, 656 (1985).
11. Pustovalova L. M., *Praktikum po biohimii*, 23 (Rostov- n/D. : Feniks, 1990).
12. Instrukciya po sanitarno-mikrobiologicheskomu kontrolyu proizvodstva pischevoy produkcii iz ryby i morskikh bespozvonochnyh, utverzhennaya Ministerstvom zdravoohraneniya SSSR 22.02.91 N 5319-91 i Ministerstvom rybnogo hozyaystva SSSR 18.11.90.
13. GOST R 51921-2002. Produkty pischevye. Metody vyyavleniya i opredeleniya bakteriy *Listeria monocytogenes* (M.: Standartinform, 2010).
14. Lakin G. F. *Biometriya* (M.: Vyssh. Shk., 1990).
15. Rudneva I. I., Petzold-Bradley E., Environmental and security challenges in the Black Sea region, *In Environmental conflicts: Implications for Theory and Practice. Netherlands: Kluwer Academic Publishers*, 189 (2001).
16. Tutelyan V. A., Lashneva N. V., O mehanizme ostrogo toksichnogo deystviya N-nitrozodimetilamina, *Farmakologiya i toksikologiya*, 111–114 (1983).
17. Zou X. N., Lu S. H., Liu B., Volatile N-nitrosamines and their precursors in Chinese salted fish - a possible etiological factor for NPC in China, *Int. J. Cancer*, **59**, 2, 155 (1994).
18. Nemova N. N., Vysockaya R. U., *Biohimicheskaya indikaciya sostoyaniya ryb*, 215 p. (M.: Nauka, 2004).
19. Sole M. Xenobiotic metabolism markers in marine fish with different trophic strategies and their relationship to ecological variables, *Comparative Biochemistry and Physiology*, **149**, 83 (2009).

УДК 579.64:581.14(653.63)

**ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «ЭМБИКО»
НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ОГУРЦОВ (*CUCUMIS SATIVUS L.*) СОРТОВ
КОНКУРЕНТ И ФЕНИКС**

Татаренко Я. И., Отурина И. П., Теплицкая Л. М.

¹*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: tatarenko yana1@mail.ru*

Изучено влияние микробиологического препарата «Эмбико» на прорастание семян растений огурца сорта Конкурент и сорта Феникс. Показано, что внесение микробного препарата «Эмбико» в среду выращивания растений огурцов является эффективным биотехнологическим приемом повышения качества посевного материала. При использовании микробного препарата «Эмбико» семена огурцов сортов Конкурент и Феникс обладали высоким ростовым потенциалом. Установлено, что микробиологический препарат «Эмбико» оказывает существенное влияние на энергию, скорость и дружность прорастания, а также всхожесть семян этих сортов, повышая значения ростовых показателей.

Ключевые слова: огурцы, микробный препарат «Эмбико», прорастание семян, ростовые процессы.

ВВЕДЕНИЕ

Химизация сельского хозяйства является одним из надежных и эффективных путей повышения продуктивности культурных растений, но внесение в среду выращивания различного рода природных и синтетических препаратов может существенно изменить физико-химические свойства почвы, определяющие ее плодородие [1–3]. Кроме того, многие экзогенные ростостимулирующие соединения могут накапливаться в почве и последующее их внесение вызывает угнетение роста и развития растений, поэтому поиск новых эффективных агроприемов, создающих благоприятные условия для почвенного питания растений, несомненно, актуален [2, 4, 5].

В связи с большим загрязнением почв токсинами промышленного происхождения, пестицидами и агрохимикатами актуальным становится применение экологически чистых биопрепаратов, способствующих усилению круговорота питательных элементов [6, 7].

Одним из эффективных агроприемов является применение микробного инокулята «Эмбико» – микробиологического препарата, используемого для повышения плодородия почв и биологической продуктивности всех видов сельскохозяйственных культур [8].

Целью данной работы являлось изучение влияния микробного препарата «Эмбико» на прорастание семян огурцов (*Cucumis sativus* L.) сортов Конкурент и Феникс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для проведения исследований служил микробиологический препарат «Эмбико», в состав которого входили следующие группы микроорганизмов: фототрофные аноксигенные пурпурные несерные бактерии, молочнокислые гомоферментативные стрептобактерии, молочнокислые гомоферментативные стрептококки и одноклеточные грибы *Saccharomyces*.

Объектами для проведения исследований служили семена огурцов сортов Конкурент и Феникс [9, 10].

Изучалось влияние микробного препарата «Эмбико» на прорастание семян огурцов разных сортов. Для этого определялись энергия прорастания, всхожесть, дружность и скорость прорастания семян, которые проращивались в чашках Петри в термостате при температуре 25 °С согласно требованиям ГОСТа [11].

Варианты опыта:

- 1) контроль – отстоянная водопроводная вода;
- 2) биопрепарат «Эмбико» в соответствующих разведениях (1: 10, 1: 100, 1: 500, 1: 1000, 1: 2000).

Опыты проводились в 3-кратной повторности. Полученные данные обрабатывались статистически с помощью прикладных программ Microsoft Word. Достоверность разницы между величинами сравниваемых вариантов определялась по критерию Стьюдента. При $t_{\text{оп}} \geq t_{\text{табл}} = 3,2$ разница достоверна [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными показателями, характеризующими прорастание семян, являются энергия прорастания, всхожесть, дружность и скорость прорастания семян.

В ходе проведенного эксперимента установлено, что низкие разведения препарата «Эмбико» угнетали прорастание семян: при разведении (1:10) энергия прорастания семян сорта Феникс составила всего $6,3 \pm 0,03$ %. При снижении дозы препарата (разведения 1:100 и 1:500) энергия прорастания семян этого сорта увеличилась по сравнению с предыдущим вариантом на $64,5 \pm 0,64$ и $10,4 \pm 0,06$ % соответственно, при дальнейшем разбавлении препарата (1: 2000) исследуемый показатель приблизился к контрольному значению, а в варианте (1:1000) даже превысил его на 2,1 % ($t=4,7$) (рис. 1).

У сорта Конкурент наблюдалась такая же зависимость: низкие разведения препарата (1:10 и 1:100) вызывали снижение исследуемого показателя по сравнению с контролем на $62,5 \pm 0,6$ и $10,4 \pm 0,69$ % соответственно (рис. 1).

Максимальные разведения препарата «Эмбико» стимулировали процессы прорастания семян: в вариантах «Эмбико» (1:1000 и 1:2000) этот показатель приблизился к контрольному значению – 100 %. Таким образом, высокие дозы микробного препарата угнетали начальные процессы прорастания семян, а низкие его концентрации, наоборот, их стимулировали. Это может быть связано с тем, что

высокие дозы микробных метаболитов превышали концентрационный оптимум, воспринимаемый зародышем семени.

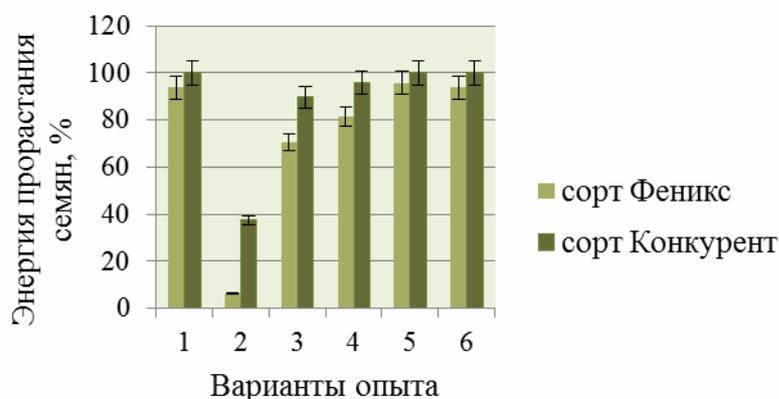


Рис. 1. Влияние препарата «Эмбико» на энергию прорастания семян огурцов: 1 – контроль, 2 – «Эмбико» (1:10), 3 – «Эмбико» (1:100), 4 – «Эмбико» (1:500), 5 – «Эмбико» (1:1000), 6 – «Эмбико» (1:2000).

После определения энергии прорастания через следующие трое суток рассчитывалась всхожесть семян как общее количество нормально проросших семян за два срока учета, выраженное в процентах от общего количества семян, отобранных для эксперимента.

У сорта Феникс самые высокие значения этого показателя отмечены в варианте «Эмбико» (1:1000) по сравнению с контролем (рис. 2).

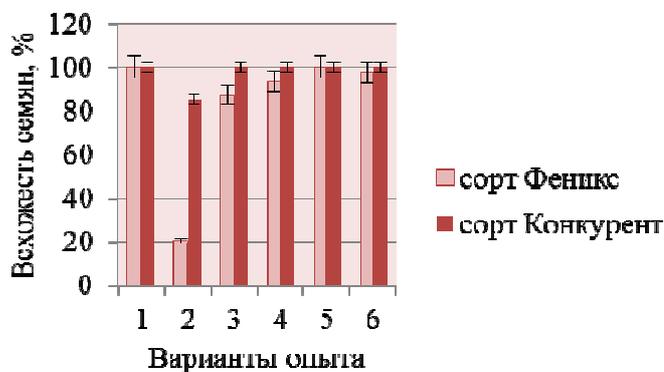


Рис. 2. Влияние препарата «Эмбико» на энергию прорастания семян огурцов: 1 – контроль, 2 – «Эмбико» (1:10), 3 – «Эмбико» (1:100), 4 – «Эмбико» (1:500), 5 – «Эмбико» (1:1000), 6 – «Эмбико» (1:2000).

У сорта Конкурент стопроцентная всхожесть семян огурцов отмечена во всех вариантах, кроме варианта «Эмбико» (1:10). Следовательно, этот факт подтверждает гипотезу о том, что супероптимальные концентрации метаболитов микробной природы действуют угнетающе на развитие зародыша семени.

У огурцов сорта Феникс самые высокие значения дружности семян отмечены в контрольном варианте «Эмбико» (1:100) и в контрольном варианте, и составили в среднем $14,3 \pm 0,11$ % (рис. 3.). У сорта Конкурент максимальные значения показателя дружности прорастания семян наблюдались во всех вариантах, кроме «Эмбико» (1:10), и составили также $14,3 \pm 0,11$ %.

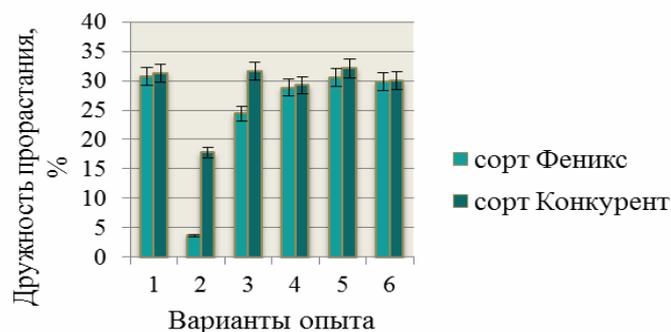


Рис. 3. Влияние препарата «Эмбико» на энергию прорастания семян огурцов: 1 – контроль, 2 – «Эмбико» (1:10), 3 – «Эмбико» (1:100), 4 – «Эмбико» (1:500), 5 – «Эмбико» (1:1000), 6 – «Эмбико» (1:2000).

У сорта Феникс самые высокие значения скорости прорастания отмечены в варианте «Эмбико» (1:1000) ($t=9,4$).

У сорта Конкурент самые высокие значения данного показателя выявлены также в варианте «Эмбико» (1:1000) $-32,0 \pm 0,29$ % ($t=17,4$) (рис. 4).

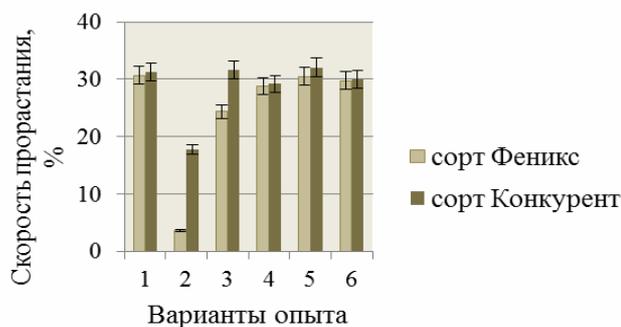


Рис. 4. Влияние препарата «Эмбико» на энергию прорастания семян огурцов: 1 – контроль, 2 – «Эмбико» (1:10), 3 – «Эмбико» (1:100), 4 – «Эмбико» (1:500), 5 – «Эмбико» (1:1000), 6 – «Эмбико» (1:2000).

Таким образом, из анализа полученных результатов следует, что на начальных этапах прорастания семян скорость данного процесса у огурцов сорта Конкурент выше, чем у сорта Феникс ($t=9,4$) даже в контрольном варианте, следовательно, компоненты метаболитов, выделяемых микроорганизмами препарата «Эмбико», оказывают более интенсивное воздействие на активизацию прорастания семян сорта Конкурент.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Семена огурцов сортов Конкурент и Феникс обладали высоким ростовым потенциалом: энергия, скорость и дружность прорастания, а также всхожесть семян при использовании высоких разведений микробного препарата «Эмбико» были на уровне контрольных значений.
2. Выявлена сортовая специфика ответной реакции огурцов на внесение препарата «Эмбико» в среду выращивания: более отзывчив сорт Конкурент.
3. Установлена зависимость влияния микробного препарата «Эмбико» от его концентрации на ротовые показатели. Активация роста наблюдалась при использовании его высоких разведений (1:1000 и 1:2000), низкие разведения (1:10, 1:100) ингибировали ростовые процессы.

Список литературы

1. Биологический фактор почвообразования [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: <http://melikedacha.ru/udobrenia/mikrobiologicheskie-udobreniya>
2. Добровольская Т. Г. Структура бактериальных сообществ почв / Т. Г. Добровольская. – М. : ИКЦ Академкнига, 2002. – 282 с.
3. Кураков А. В. Микробная колонизация поверхности корней на ранних стадиях развития растений / А. В. Кураков, Н. В. Костина // Микробиология. – 1997. – Т. 66, № 3. – С. 394–401.
4. Звягинцев Д. Г. Экологическая роль микробных метаболитов / Д. Г. Звягинцев. – М. : МГУ, 1986. – 240 с.
5. Умаров М. М. Ассоциативная азотфиксация / М. М. Шмаров – М.: МГУ. – 1986. – 136 с.
6. Биопрепараты в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: agorpraktik.ru/blog/Fertilizer/387.html.
7. Емцев В. Т. Микробиология: учебник для вузов / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. – М. : Дрофа, 2005. – 445 с.
8. Ржевская В. С. Колонизация ризопланы корней огурцов микроорганизмами входящими в состав микробного препарата «Эмбико» / В. С. Ржевская, Л. М. Теплицкая, И. П. Отурина // Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія, медицина. – Днепропетровск: Ліра. – 2013. – № 4 (2). – С. 63–70.
9. Огурец Конкурент [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: <http://www.alpinaplants.ru/semenaovoshiogurec/semenaovoshiogureckonkurent.html>.
10. Огурец сорта Феникс [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: <http://www.aif.ru/dacha/ogorod/19191>.
11. Государственный стандарт Союза ССР. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести семян. ГОСТ 12038–84. – М., 1985. – 56 с.
12. Ивантер Э. В. Элементарная биометрия / Э. В. Ивантер, А. В. Коросов. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2010. – 104 с.

INFLUENCE MICROBIAL PREPARATIONS «EMBIKO» ON THE GERMINATION OF CUCUMBER SEEDS (*CUCUMIS SATIVUS L.*). GRADES COMPETITORS AND PHOENIX

Tatarenko Y. I., Oturina I. P., Teplitzkaya L. M.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: tatarenkoyana1@mail.ru

Chemicals used in agriculture is one of the reliable and effective ways to increase the productivity of crops, but entering into the environment of growing different kinds of natural and synthetic drugs can significantly alter the physical and chemical properties of soil, determine its fertility [1–3]. In addition, many exogenous growth promoting compounds may accumulate in the soil and their subsequent introduction causes inhibition of plant growth and development, so the search for new effective agricultural practices, create favorable conditions for soil nutrition of plants is undoubtedly relevant [2, 4, 5].

Due to the high pollution of industrial origin of soil toxins, pesticides and agrochemicals relevant is the use of environmentally friendly biological products, contributing to strengthening the circulation of nutrients [6, 7].

One effective agricultural practices is the use of microbial inoculum «Embiko» – microbial drug used to increase soil fertility and biological productivity of all types of crops [8].

The aim of this work was to study the effect of microbial preparation «Embiko» on the germination of seeds of cucumber (*Cucumis sativus L.*) cultivars competitors and Phoenix .

The material for the research served as a microbiological preparation «Embiko», composed of the following groups of microorganisms: anoxic phototrophic purple non-sulfur bacteria, lactic streptobakterii homofermentative lactic acid streptococci and homofermentative celled fungus *Saccharomyces*.

The objects for the research were the seeds of cucumber varieties competitors and Phoenix [9, 10].

Treatments:

- 1) control – to defend the tap water;
- 2) biopesticide «Embiko» in the appropriate dilution (1:10 , 1:100, 1:500 , 1:1000, 1:2000).

In the course of this work it was found that the seeds of cucumber varieties competitors and Phoenix Rostovs had high potential: energy, speed and družnost germination and seed germination using high dilutions of microbial preparation «Embiko» were at the level of the control values.

We found a graded response specificity of cucumbers to make the drug «Embiko» The growing medium: more responsive competitor grade.

The dependence of the effect of microbial preparation «Embiko» on its concentration: activation of growth was observed when used high dilutions (1:1000 and 1:2000), low dilutions (1:10, 1:100) inhibited the growth processes.

Keywords: cucumbers, microbial drug «Embiko» seed germination, growth processes.

References

1. Biological factors of soil formation [electronic resource]. – Access to the article: <http://melikedacha.ru/udobrenia/mikrobiologicheskie-udobreniya>
2. Dobrovolskaya T. G. *Structure of bacterial communities of soil*, 282 p. (M.: ICC Akademkniga, 2002).
3. Kurakov A. V., Kostina N. V., Microbial colonization of the root surface in the early stages of plant development, *Microbiology*, **66**, **3**, 394 (1997).
4. Zvyagintsev D. G. *Ecological role of microbial metabolites*, 240 p. (Moscow: Moscow State University, 1986).
5. Umarov M. M. *Associative nitrogen fixation*, 136 p. (MGU.: M, 1986).
6. Biologicals in agriculture [electronic resource]. – Access to the article: agropraktik.ru/blog/Fertilizer/387.html.
7. Emtsev V. T., Mishustin E., *Microbiology: a textbook for high schools*, 445 p. (M.: Bustard, 2005).
8. Rzhetskaya V. S., Teplitskaya L. M., Oturina I. P. Colonization rizoplany roots cucumbers microorganisms members of the microbial preparation «Embiko», *News Dnipropetrovskogo universitetu . Seriya Biologiya , medicine*, **4** (**2**), 63 (2013).
9. Cucumber Competitor [electronic resource]. – Access to the article : <http://www.alpiniaplants.ru/semenaovoshiogurec/semenaovoshiogureckonkurent.html>.
10. Cucumber varieties Phoenix [electronic resource]. – Access to the article : <http://www.aif.ru/dacha/ogorod/19191>.
11. State Standard of the USSR. Agricultural seeds. Methods for determination of germination. GOST 12038-84., 56 p. (M., 1985).
12. Ivanter E. V., Korosov A. V., *Elementary biometrics*, 104 p. (Petrozavodsk Petrozavodsk State University, 2010).

УДК 612.8/57.042/615.21

ОСОБЕННОСТИ ПРОТИВОБОЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ АСПИРИНА У КРЫС-САМОК В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ

Хусаинов Д. Р., Темурьянц Н. А., Туманянц К. Н.

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

Эксперименты проведены на 240 белых беспородных крысах-самках массой 180–200 г., из которых на 7-й день эксперимента были выбраны 80 крыс, находящихся в фазе диэструса. Животные тестировались в болевых моделях «Горячая пластина» и «Электростимуляция». Установлено, что умеренное ЭМЭ значительно снижает противовоспалительный эффект терапевтической дозы аспирина (40 мг/кг). Так, в тесте «Горячая пластина» анальгетический эффект аспирина на фоне ЭМЭ снизился на 100 %, а в тесте «Электростимуляция» – на 55 %. Выявлено, что в случае с самками аспирин компенсирует негативное действие ЭМЭ, а в случае самцов полностью подавляется негативным эффектом ЭМЭ.

Ключевые слова: электромагнитное экранирование, аспирин, боль, анальгезия, диэструс.

ВВЕДЕНИЕ

В работах многих авторов показано, что умеренное электромагнитное экранирование (ЭМЭ) вызывает заметные изменения в функционировании живых организмов: смещаются фазы биологических ритмов, снижается работоспособность, подавляется половая мотивация, усиливается агрессивность и изменяется болевая чувствительность [1–6]. Кроме этого, ЭМЭ может существенно изменять физиологическую реакцию организма на действие биологически активных веществ, в частности препаратов [7]. В предыдущих исследованиях [8] нами было установлено подавление противовоспалительной активности аспирина у крыс-самцов, которые находились в условиях умеренного ЭМЭ. Признанным фактом является наличие гендерных отличий болевой чувствительности [9–11], которые могут модулироваться на фоне воздействия ЭМЭ. Цель исследования: выяснить особенности противовоспалительной активности аспирина у крыс-самок в фазе диэструса, подвергшихся воздействию умеренного ЭМЭ, и сравнить полученные данные с результатами наших предыдущих исследований на крысах-самцах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изначально были отобраны 240 белых беспородных крыс-самок массой 180–200 г., которые были поделены на восемь групп по 30 особей в каждой. Для

экспериментальной работы были отобраны крысы-самки в фазе диэструса, со средней двигательной активностью и средней болевой реактивностью. Фаза эстрального цикла была определена по влагалищным мазкам согласно общепринятой методике [12]. Ранее было установлено, что в фазе диэструса самки крыс наименее чувствительны к боли, а наиболее – в метаэструсе [13].

Экранирующая камера, использованная в работе, представляла собой комнату размером 2х3х2 м, изготовленную из железа «Динамо». Коэффициент экранирования V_{DC} составляет для вертикальной составляющей 4,4, для горизонтальной – 20. Внутри камеры для частот выше 170 Гц и в области частот от 2×10^{-3} до 0,2 Гц уровень спектральной плотности магнитного шума ниже 10 нТл/Гц. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка трех. На частотах больше 1 МГц имеет место практически полное экранирование. Таким образом, в нашем исследовании применялось экранирование, ослабляющее как постоянную, так и переменную компоненты геомагнитного поля.

Сто двадцать крыс в течение 7 дней находились в условиях ЭМЭ. Остальные сто двадцать крыс находились в условиях имитации ЭМЭ. В шестидневный период животные всех 8 групп ($n=30$) прогонялись в болевых тестах «Горячая пластина» и «Электростимуляция». На седьмой день из общей выборки самок ($n=240$) были отобраны 80 особей, находящихся в фазе диэструс. При этом 40 крыс были выбраны из особей, подверженных ЭМЭ. Из них 20 животным внутрибрюшинно вводили физиологический раствор (0,2 мл), которые сформировали две группы «ЭМЭ» ($n=10+10$). Оставшимся двадцати вводили аспирин в дозе 40 мг/кг (0,2 мл.) – группы «аспирин+ЭМЭ» ($n=10+10$).

Сорок крыс-самок, которые находились в условиях имитации ЭМЭ, подверглись следующему разделению: 20 животным внутрибрюшинно вводили физиологический раствор в объеме 0,2 мл – контрольные группы ($n=10+10$). Оставшимся крысам – аспирин на физиологическом растворе в дозе 40 мг/кг в объеме 0,2 мл – группы «аспирин» ($n=10+10$).

Следовательно, в результате описанных манипуляций были сформированы два набора групп, по десять особей в каждой: контроль – «аспирин» – «ЭМЭ» – «аспирин+ЭМЭ». Каждый набор групп тестировался в классических болевых моделях: «Горячая пластина» и «Электростимуляция».

Статистическая обработка осуществлена с помощью критерия Манна-Уитни. Для иллюстративности материала все данные переведены в проценты по отношению к контрольным значениям.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что у крыс группы «ЭМЭ», находившихся в течение 7 дней в условиях умеренного ЭМЭ в тесте «Горячая пластина», резко снижается латентный период болевой реакции (ЛПБР) и составляет 57,5 % ($p \leq 0,001$) от контрольных значений. Полученный результат полностью совпадает с литературными [8, 14] данными, в которых показано заметное усиление болевой чувствительности животных после семидневного ЭМЭ (рис. 1). Следует отметить, что показатели ЛПБР в группе

«аспирин ЭМЭ» составили 132 % от контрольных значений, но данные различия не достигали достоверного уровня значимости. При этом показатели ЛПБР группы «ЭМЭ» (57,5 %) были существенно более малы по сравнению с группой «аспирин» (232 %) и в наших исследованиях эта разница составила 174,5 % ($p \leq 0,001$, рис. 1). Также при сравнении ЛПБР группы «аспирин+ЭМЭ» (132 %) с группой «ЭМЭ» (57,5 %) выявлено достоверное отличие показателя на 74,5 % ($p \leq 0,01$, рис. 1). Полученные данные свидетельствуют о том, что в условиях ЭМЭ увеличивается болевая чувствительность крыс-самок, которая полностью нивелируется аспирином. Но при этом ЭМЭ подавляет противоболевую активность аспирина.

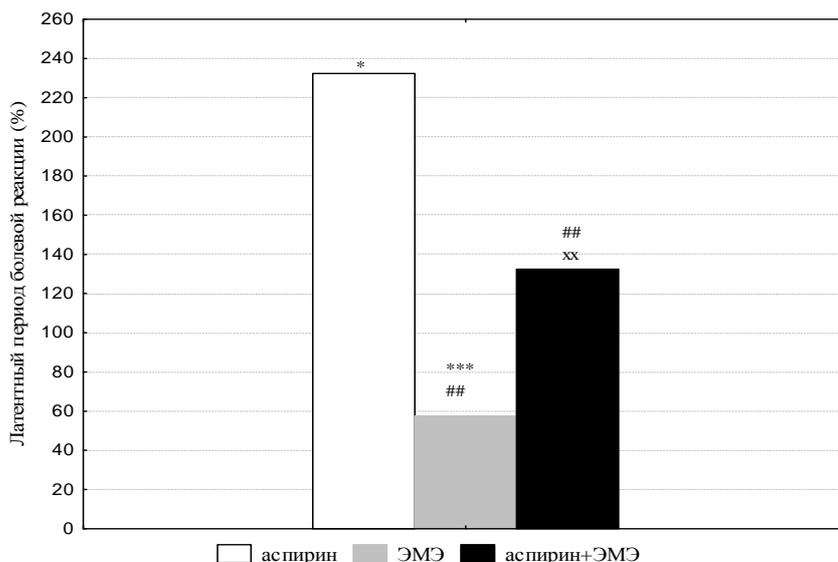


Рис. 1. Изменение латентного периода болевой реакции крыс в тесте «Горячая пластина» при введении аспирина в дозе 40 мг/кг на фоне ЭМЭ.

Примечания: значения контрольной группы приняты за 100 %, условные обозначения групп указаны в разделе методика, * – $p \leq 0,05$, *** – $p \leq 0,001$ достоверные отличия по сравнению с контрольной группой, ## – $p \leq 0,01$ достоверные отличия по сравнению с группой «аспирин», xx – $p \leq 0,01$ достоверные отличия между двумя экспериментальными группами «ЭМЭ» и «аспирин+ЭМЭ».

На следующем этапе исследования были выяснены особенности изменения болевого порога (БП) крыс-самок в тесте «Электростимуляция». У крыс, находившихся в условиях ЭМЭ, антиноцицептивный эффект аспирина полностью нивелировался, как и в случае с тестом «Горячая пластина». При рассмотрении экспериментальных данных (рис. 2) видно, что введение аспирина увеличивает БП до 142 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с показателем контрольной группы. У животных, находившихся в условиях действия ЭМЭ, регистрировался БП достоверно ниже

контрольной группы и составлял 65 % от ее значения. Акцентируем внимание на том, что в группе «аспирин+ЭМЭ» БП практически восстанавливается до контрольных значений (97 %). При сравнении уровня БП в группах «аспирин» (142 %) и «аспирин+ЭМЭ» (97 %) с показателем группы «ЭМЭ» (65 %) выявляются следующие особенности: БП группы «аспирин» выше такового у группы «ЭМЭ» на 77 % ($p \leq 0,01$), а БП группы «аспирин+ЭМЭ» – на 32 % ($p \leq 0,05$). Следовательно, полученные результаты позволяют заключить, что введение аспирина (40 мг/кг) крысам-самкам нивелирует негативное явление снижения БП под действием ЭМЭ. Одновременно с этим противовоспалительная активность аспирина не проявляется, т.к. значения БП в группе «аспирин+ЭМЭ» соответствуют таковому у контрольных животных.

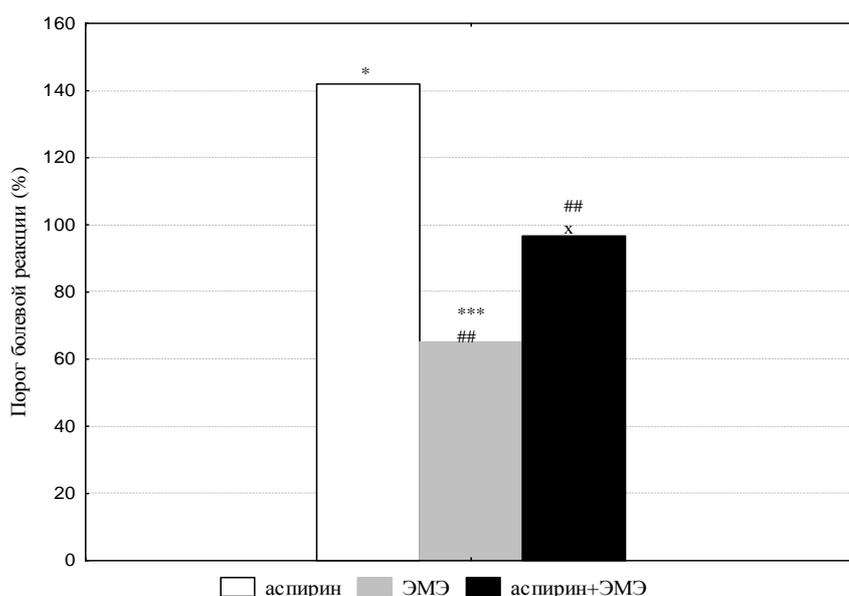


Рис. 2. Изменение порога болевой реакции крыс в тесте «Электростимуляция» при введении аспирина в дозе 40 мг/кг на фоне ЭМЭ.

Примечания: * – $p \leq 0,05$, *** – $p \leq 0,001$ достоверные отличия по сравнению с контрольной группой, ## – $p \leq 0,01$ достоверные отличия по сравнению с группой «аспирин», x – $p \leq 0,05$ достоверные отличия между двумя экспериментальными группами «ЭМЭ» и «аспирин+ЭМЭ»; остальные обозначения такие же, как и на рис. 1.

Таким образом, пребывание крыс-самок в условиях умеренного ЭМЭ в течение семидневного периода вызывает существенное изменение болевой чувствительности. Так, под влиянием ЭМЭ резко снижаются показатели как ЛПБР, так и БП у экспериментальных животных, что полностью соответствует литературным данным и нашим предыдущим исследованиям [3, 8, 14]. Кроме того,

под влиянием ЭМЭ изменяется не только болевая чувствительность крыс-самок, но и реактивность их организма на введение фармакологического препарата аспирина. Результаты нашего исследования однозначно показывают, что антиноцицептивная активность аспирина в условиях ЭМЭ у крыс-самок полностью подавляется, т.к. в тесте «Горячая пластина» ЛПБР достоверно снизился на 100 %, а в тесте «Электростимуляция» БП – на 45 % ($p \leq 0,05$) по сравнению с влиянием аспирина на нативных крыс. При этом показатели ЛПБР и БП в группе «аспирин+ЭМЭ» не демонстрируют достоверных отличий от контрольных значений.

В предыдущем исследовании [8] мы изучали ЛПБР крыс-самцов в тесте «горячая пластина» в идентичной экспериментальной парадигме, поэтому в настоящей работе считаем целесообразным провести сравнение реакции крыс-самцов с крысами-самками.

В результате проведенного сравнения было выяснено, что ЛПБР как крыс-самцов, так и крыс-самок в условиях семидневного ЭМЭ снижается и находится в сопоставимых пределах: 50–60 % от контрольных значений (табл. 1). В группах «аспирин» сравнение показателей самцов и самок выявляет противоболевую активность аспирина в обоих случаях, однако на самок этот препарат оказывал более выраженное воздействие. В группах «аспирин+ЭМЭ» были получены отличающиеся результаты. Так, у самцов этой группы ЛПБР составил 46 % ($p \leq 0,001$) от контрольных значений, а у самок – 132 %, недостоверно превышая контрольный уровень.

Таблица 1.
Значения латентного периода болевой реакции крыс (ЛПБР) самцов и самок в тесте горячая пластина.

Самцы Значение ЛПБР у соответствующих групп. p_1 – отличия по отношению к контрольной группе.	Самки Значение ЛПБР у соответствующих групп. p_1 – отличия по отношению к контрольной группе. p_2 – отличия выраженности реакции по отношению к соответствующей группе самцов.
ЭМЭ – 51 % ($p_1 \leq 0,001$) аспирин – 151 % ($p_1 \leq 0,001$) аспирин+ЭМЭ – 46 % ($p_1 \leq 0,001$)	ЭМЭ – 57,5 % ($p_1 \leq 0,001$) аспирин – 232 % ($p_1 \leq 0,05$; $p_2 \leq 0,01$) аспирин+ЭМЭ – 132 % ($p_2 \leq 0,01$)

Примечание: обозначения те же, что и на рис.1.

Следовательно, можно констатировать, что в условиях теста «Горячая пластина» болевая чувствительность самцов и самок под воздействием семидневного ЭМЭ характеризуется сопоставимым уровнем усиления и гендерные отличия в этом случае не проявляются. Однако уже при действии аспирина на нативных самцов и самок последние демонстрируют большую чувствительность к

антиноцицептивному влиянию препарата. В группах «аспирин+ЭМЭ» половые отличия проявляются еще в большей степени: ЛПБР самцов остается значимо меньшим по сравнению с контрольной группой, а у самок – на уровне тенденции превышает их. Это значит, что в случае с самками аспирин компенсирует негативное действие ЭМЭ, хотя и не проявляет противовоспалительной активности.

Механизм противовоспалительной активности аспирина не может иметь половых различий, следовательно, отмеченное отличие между самцами и самками связано с изначальными физиологическими особенностями болевой чувствительности у разных полов [9–11]. И, как показали результаты нашего исследования, противовоспалительная эффективность аспирина у самок существенно выше, чем у самцов. В связи с чем мы полагаем, что у самцов в условиях умеренного ЭМЭ «мощности» противовоспалительной активности аспирина недостаточно для снятия негативного влияния ЭМЭ.

Известно, что ведущую роль в биологической активности аспирина отводят подавлению активности циклооксигеназ и всей системы воспаления [15]. Кроме этого, аспирин способен оказывать тормозящее влияние на нервные клетки и подавлять нервную передачу импульсов [16–18], что также обеспечивает противовоспалительный эффект. Воздействие ЭМЭ на ноцицепцию реализуется посредством влияния на систему эндогенных морфинов, синтез мелатонина и затрагивает систему медиаторов воспаления [3–5]. Мы полагаем, что ЭМЭ конкурирует с противовоспалительной активностью аспирина именно на уровне ферментов воспаления и, возможно, через систему циклооксигеназ. Также мы не исключаем, что эта конкуренция может реализовываться на уровне элементов периферической нервной системы. Следовательно, в условиях умеренного ЭМЭ указанные системы могут изменять свою реактивность, что и обеспечивает экспериментально выявленные феномены.

Опираясь на полученные результаты, мы предполагаем, что описанные конкурентные взаимоотношения между ЭМЭ и аспирином в случае самцов сдвинуты в сторону ЭМЭ, а в случае с самками – примерно равновесны.

Следует отметить, что в случае с самцами в использованной экспериментальной парадигме исследовался только ЛПБР. Поэтому становится актуальным последующее исследование БП самцов и сравнение полученных данных с результатами, которые получены на самках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящей работы продемонстрировали, что ЛПБР самок более чувствителен к действию аспирина в условиях ЭМЭ, нежели у самцов.

Дальнейшие исследования позволят расширить представления об особенностях болевой реакции животных разных полов, находящихся в условиях ЭМЭ и действия аспирина.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-04-06054 (проект «Феноменология и механизмы действия слабых электромагнитных

факторов: ослабленного электромагнитного поля Земли и низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты»).

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

Список литературы

1. Девицин Д. В. Динамика физиологических характеристик и эмоционально-поведенческой реактивности животных в преформированной геомагнитной среде / Д. В. Девицин, Н. А. Пальчикова, А. В. Трофимов [и др.] // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2005. – № 3. – С. 71–77
2. Дубров А. П. Геомагнитное поле и жизнь (Краткий очерк по геомагнитобиологии). / под ред. Ю. А. Холодова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 176 с.
3. Темуриянц Н. А. Динамика и инфрадианная ритмика температурной/болевого чувствительности моллюска *Helix* в условиях воздействия электромагнитных полей / Н. А. Темуриянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц // Нейрофизиология. – 2010. – Т. 42, № 4. – С. 329–339.
4. Темуриянц Н. А. Роль опиоидной системы в модуляции термонцицептивной чувствительности моллюсков при действии слабых электромагнитных факторов / Н. А. Темуриянц, А. С. Костюк // Нейрофизиология. – 2011. – Т. 43, № 5. – С. 432–441.
5. Темуриянц Н. А. Участие мелатонина в изменении ноцицепции моллюсков и мышей при длительном электромагнитном экранировании / Темуриянц Н. А., Костюк А. С. // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2013. – Т. 99, № 11. – С. 1333–1341.
6. Wever R. Human circadian rhythms under the influence of weak electric fields and the different aspects of these studies / R. Wever // International journal of biometeorology. – 1973. – V. 17, № 3. – P. 227–232.
7. Рапопорт С. И. Хронобиология и хрономедицина: Руководство / Под ред. С. И. Рапопорта, В. А. Фролова, Л. Г. Хетагуровой – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2012. – 480 с.
8. Хусаинов Д. Р. Умеренное электромагнитное экранирование крыс нивелирует противоболевой эффект аспирина / Д. Р. Хусаинов, Н. А. Темуриянц, И. И. Коренюк, И. В. Черетаев, А. В. Чайка, К. Н. Туманянц // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 7. – С. 76–78.
9. Manson J. A. E. Pain: sex differences and implications for treatment / J. A. E. Manson // Metabolism. – 2010. – V. 59, Supp. 1. – P. 16–20.
10. Berkley K. J. Sex differences in pain / K. J. Berkley // Behavioral and Brain Sciences. – 1997. – V. 20, № 3. – P. 371–380.
11. Fillingim R. B. Sex, gender, and pain: a review of recent clinical and experimental findings / R. B. Fillingim, C. D. King, M. C. Ribeiro-Dasilva, B. Rahim-Williams, J. L. Riley // The journal of pain. – 2009. – V. 10, № 5. – P. 447–485.
12. Котельников А. В. Характеристика эстрального цикла белых крыс на разных этапах онтогенеза при введении витамина Е / А. В. Котельников, С. В. Котельникова // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2005. – № 3 (26). – С. 215–218.
13. Martínez-Gómez M. Assessing pain threshold in the rat: changes with estrus and time of day / M. Martínez-Gómez, Y. Cruz, M. Salas, R. Hudson, P. Pacheco // Physiology & behavior. – 1994. – V. 55, № 4. – P. 651–657.
14. Темуриянц Н. А. Роль дофаминовых рецепторов в механизмах изменения ноцицепции при электромагнитном экранировании / Н. А. Темуриянц, А. С. Костюк, К. Н. Туманянц, Н. С. Ярмолюк // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: «Биология, химия». – 2015. – Т. 27 (66), № 1. – С. 186–196.

15. Машковский М. Д. Лекарственные средства. 15-е издание. Пособие для врачей. Справочник / М. Д. Машковский – М.: Новая Волна, 2005. – 1164 с.
16. Черетаев И. В. АТФ-зависимые и кальциевые механизмы влияния салицилатов на электрические потенциалы нейронов моллюска *Helix albescens* / И. В. Черетаев, И. И. Коренюк, Д. Р. Хусаинов [и др.] // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2015. – Т. 101, № 3. – С. 326–336.
17. Хусаинов Д. Р. Влияние ацетилсалициловой кислоты и её солей на синаптическую задержку в подглоточных ганглиях улитки / Д. Р. Хусаинов, И. В. Черетаев, О. В. Катюшина // Таврический медико-биологический вестник. – 2011. – Т. 14, № 4, Ч. 2 (56). – С. 171–174.
18. Черетаев И. В. Механизм действия салициловой кислоты и её солей на нейроны улитки / И. В. Черетаев, И. И. Коренюк, Д. Р. Хусаинов [и др.] // Нейрофизиология. – 2012. – Т. 44, № 2. – С. 178–181.

FEATURES OF ANALGESIC ACTIVITY OF ASPIRIN IN RATS-FEMALES UNDER CONDITIONS OF MODERATE ELECTROMAGNETIC SHIELDING

Khusainov D. R., Temuryants N. A., Tumanyants K. N.

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

In modern conditions the organisms are exposed to a variety of influences, including electromagnetic shielding (EMS), which is able to change the sensitivity of living systems to the action of biologically active substances. In this connection it becomes relevant the study of the characteristics of analgesic activity of aspirin in female rats exposed to moderate EMS. The experimental sample consisted of 240 albino female rats weighing 180–200 g, which were divided into eight groups of 25 animals each. Of the eight samples were formed two sets of groups of the following composition: control, “aspirin”, “EMS”, “aspirin+EMS”. On the 7th day of the experiment from 240 females were chosen 80 females, all in the phase of diestrus. Each set of groups individually tested in “Hot plate” and “Electrostimulation”. For the experimental work were selected rats with an average motor activity and average pain reactivity.

Set moderate EMS significantly reduces the analgesic effect of therapeutic doses of aspirin (40 mg/kg) in outbred female rats. So in “Hot plate” in rats under the conditions of EMS analgesic effect of aspirin decreased by 100%, and in the test “Electrostimulation” by 55 %. Consequently, EMS reduces the sensitivity of female rats to the analgesic effect of aspirin. When comparing the experimental female rats data rats males revealed that under the conditions of the test “Hot plate” pain sensitivity of males and females under the influence of seven-day EMS characterized by comparable changes and gender differences in this case does not occur. However, markedly different activity of aspirin, so in groups of “aspirin+EMS” latent period of pain response in males remains significantly lower compared with the control group, and in females this level trend exceeds them. This means that in females aspirin compensates negative effect of EMS, and in males completely suppressed the negative effect of EMS.

Keywords: electromagnetic shielding, aspirin, pain, analgesia, diestrus.

References

1. Devitsin D. V., Palchikova N. A., Trofimov A. V., Selyatitskaya V. G. and Kaznacheev V. P., Dinamika fiziologicheskikh kharakteristik i emotsionalno-povedencheskoy reaktivnosti zhivotnykh v preformirovannoy geomagnitnoy srede, *Byulleten Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*, **3**, 71 (2005).
2. Dubrov A. P., *Geomagnitnoe pole i zhizn (Kratkiy ocherk po geomagnitobiologii)*, 176 p. (Gidrometeoizdat, Leningrad, 1974).
3. Temuryants N. A., Kostyuk A. S. and Tumanyants K. N., Dinamika i infradiannaya ritmika temperaturnoy/bolevoy chuvstvitelnosti mollyuska *Helix* v usloviyakh vozdeystviya elektromagnitnykh poley, *Neyrofiziologiya*, **42** (4), 329 (2010).
4. Temuryants N. A. and Kostyuk A. S., Rol opioidnoy sistemy v modulyatsii termonotsitseptivnoy chuvstvitelnosti mollyuskov pri deystvii slabykh elektromagnitnykh faktorov, *Neyrofiziologiya*, **43** (5), 432 (2011).
5. Temuryants N. A. and Kostyuk A. S., Uchastie melatonina v izmenenii notsitseptsii mollyuskov i myshey pri dlitel'nom elektromagnitnom ekranirovanii, *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, **99** (11), 1333 (2013).
6. Wever R., Human circadian rhythms under the influence of weak electric fields and the different aspects of these studies, *International journal of biometeorology*, **17** (3), 227 (1973).
7. Rapoport S. I., Frolov V. A. and Khetagurova L. G., *Khronobiologiya i khronomeditsina: Rukovodstvo*, 480 p. (ООО «Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo», Moskva, 2012).
8. Khusainov D. R., Temuryants N. A., Korenyuk I. I., Cheretaev I. V., Chajka A. V. and Tumanyants K. N., Umerennoe elektromagnitnoe ekranirovanie krysa niveliruet protivobolevoy effekt aspirina, *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*, **7**, 76 (2015).
9. Manson J. A. E., Pain: sex differences and implications for treatment, *Metabolism*, **59** (1), 16 (2010).
10. Berkley K. J., Sex differences in pain, *Behavioral and Brain Sciences*, **20** (3), 371 (1997).
11. Fillingim R. B., King C. D., Ribeiro-Dasilva M. C., Rahim-Williams B. and Riley J. L., Sex, gender, and pain: a review of recent clinical and experimental findings, *The journal of pain*, **10** (5), 447 (2009).
12. Kotelnikov A. V. and Kotelnikova S. V., Kharakteristika estralnogo tsikla belykh krysa na raznykh etapakh ontogeneza pri vvedenii vitamina E, *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, **3** (26), 215 (2005).
13. Martínez-Gómez M., Cruz Y., Salas M., Hudson R. and Pacheco P., Assessing pain threshold in the rat: changes with estrus and time of day, *Physiology & behavior*, **55** (4), 651 (1994).
14. Temuryants N. A., Kostyuk A. S., Tumanyants K. N., Yarmolyuk N. S., Rol dofaminovykh retseptorov v mekhanizmakh izmeneniya notsitseptsii pri elektromagnitnom ekranirovanii, *Uchenye zapiski*, **27** (66), 1, 186 (2015).
15. Mashkovskiy M. D., *Lekarstvennye sredstva. 15-e izdanie. Posobie dlya vrachey. Spravochnik*, 1164 p. (Novaya Volna, Moskva, 2005).
16. Cheretaev I. V., Korenyuk I. I., Khusainov D. R., Gamma T. V., Kolotilova O. I. and Nozdrachev A. D., ATF-zavisimye i kaltsievye mekhanizmy vliyaniya salitsilatov na elektricheskie potentsialy neyronov mollyuska *Helix albescens*, *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, **101** (3), 326 (2015).
17. Khusainov D. R., Cheretaev I. V. and Katyushina O. V., Vliyanie atsetilsalitsilovoy kisloty i ee soley na sinapticheskuyu zaderzhku v podglotochnykh gangliyakh ulitki, *Tavricheskiy mediko-biologicheskiy vestnik*, **14** (4, part 2), 171 (2011).
18. Cheretaev I. V., Korenyuk I. I. and Khusainov D. R., Mekhanizm deystviya salitsilovoy kisloty i ee soley na neyrony ulitki, *Neyrofiziologiya*, **44** (2), 178 (2012).

УДК 612.6:796.838

ОЦЕНКА СКОРОСТНЫХ И СИЛОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ТАЙСКИМ БОКСОМ

Черный С. В., Мишин Н. П., Нагаева Е. И., Лобзикова В. Е.

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

В статье рассматривается влияние систематических занятий тайским боксом на развитие силовых и скоростных способностей детей 8–10 лет. Исследование показало, что занятия тайским боксом положительно влияют на развитие силовых и скоростных способностей детей младшего школьного возраста.

Ключевые слова: тайский бокс, скоростные способности, силовые способности, младшие школьники.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Россия является одной из ведущих стран в развитии тайского бокса. Рост мастерства и тренированности тайбоксеров во многом определяется качеством учебно-тренировочного процесса, поиском методов совершенствования, построения и планирования тренировки, способствующих оптимизации тренировочного процесса [1–3].

Высокий уровень спортивных достижений предъявляет высокие требования к качеству подготовки спортсменов. Одно из основных условий высокой эффективности системы подготовки спортсменов заключается в строгом учёте возрастных и индивидуальных анатомо-физиологических особенностей, характерных для отдельных этапов развития детей и подростков [4, 5].

Анализ литературных источников свидетельствует о недостаточной изученности влияния занятий тайским боксом на физическое развитие детей школьного возраста, развитие их силовых и скоростных способностей. Исследования, посвященные изучению этой проблемы, несомненно, актуальны и своевременны, требуют активного поиска и выявления наиболее эффективных методик развития скоростно-силовых и координационных способностей юных тайбоксеров [6–8].

В связи с вышесказанным целью нашего исследования являлось изучение возрастных особенностей развития силовых и скоростных способностей у детей младшего школьного возраста, занимающихся тайским боксом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на базе клуба тайского бокса СК «Альтида» и учебно-воспитательного комплекса «школа-сад» № 15 г. Симферополя. В исследованиях принимало участие 30 человек, которые были разделены на две группы. В группу 1 вошли 15 мальчиков в возрасте $9,07 \pm 0,47$ лет, не занимающиеся спортом. В группу 2 вошли 15 мальчиков в возрасте $9,04 \pm 0,36$ лет, занимающиеся тайским боксом в течение двух лет. Проводилось изучение межгрупповых различий уровня выраженности силовых и скоростных способностей.

В исследуемых группах оценивали скоростные способности по психомоторным показателям (простая сенсомоторная реакция (ПСР); теппинг-тест), силовые способности (максимальная сила мышц сгибателей кисти, прыжок в длину; прыжок вверх из исходного положения, стоя боком к стене с нанесением двух отметок вытянутой рукой на стене до и во время прыжка; бег на 30 метров) [9].

Для математической обработки фактического материала использовались пакет программ STATISTICA 6.0. Для анализа полученных данных применялись стандартные методы вариационной статистики; мерами центральных тенденций, иллюстрирующими выраженность исследуемых признаков, выступали значения среднего и стандартной ошибки среднего. Нормальность распределения данных определялась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Для выявления межгрупповых различий применяли критерий Стьюдента для независимых выборок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как свидетельствуют полученные данные, показатели латентного периода ПСР в группе 1 составили $0,34 \pm 0,03$ с., что является низким показателем для данного возраста [9]. В группе 2 данный показатель составил $0,21 \pm 0,01$ с. и свидетельствует о более высокой скорости (на 39,2 %) ПСР у исследуемых 2 группы ($p < 0,001$).

Показатели скоростных способностей детей исследуемых групп представлены в таблице 1.

Как показано в таблице 1, динамика показателей теппинг-теста у исследуемых 1 группы выглядела следующим образом: количество движений в первые 5 секунд – $25,67 \pm 0,87$ раз, в интервале 5–10 секунд – $19,47 \pm 0,90$ раз, в интервале 10–15 секунд – $16,33 \pm 0,88$ раз, в интервале 15–20 секунд – $13,93 \pm 0,80$ раз, в интервале 25-й секунде – $12,87 \pm 0,79$ раз и в интервале 30-й секунде – $13,73 \pm 1,09$ раз. Нисходящая кривая теппинг-теста может свидетельствовать о преобладании слабого типа нервной системы [4, 10] у исследуемых 1 группы.

Показатели динамики выполнения теппинг-теста у исследуемых 2 группы выглядели следующим образом: количество движений в первые 5 секунд составило $32,87 \pm 1,42$ раз, в интервале 5–10 секунд – $24,80 \pm 1,06$ раз, в интервале 10–15 секунд – $25,13 \pm 1,46$ раз, в интервале 15–20 секунд – $24,00 \pm 1,35$ раз, в интервале 20–25 секунд – $20,40 \pm 1,12$ раз и в интервале 25–30 секунд – $23,73 \pm 1,36$ раз. Полученные данные также характеризуют недостаточную силу нервных процессов и преобладание слабого типа нервной системы [4, 11, 12] у исследуемых 2 группы.

Таблица 1.

Различия в показателях скоростных способностей между исследуемыми группами

Показатели	1 группа ($X \pm Sx$)	2 группа ($X \pm Sx$)	p	%
Простая сенсомоторная реакция (с)	0,34±0,03	0,21±0,01	0,0004	39,2
Теппинг-тест 5 с (раз)	25,67±0,87	32,87±1,42	0,0003	28,1
Теппинг-тест 10 с (раз)	19,47±0,90	24,80±1,06	0,0076	27,4
Теппинг-тест 15 с (раз)	16,33±0,88	25,13±1,46	0,0003	53,9
Теппинг-тест 20 с (раз)	13,93±0,80	24,00±1,35	0,0008	72,2
Теппинг-тест 25 с (раз)	12,87±0,79	20,40±1,12	0,0006	58,5
Теппинг тест 30 с (раз)	13,73±1,09	23,73±1,36	0,0001	72,8

Примечание: представлены значения среднего (X), стандартной ошибки среднего (Sx), уровень статистической достоверности различий (p) по критерию Стьюдента, процент межгрупповых различий абсолютных значений (%).

При сравнительном анализе показателей исследуемых групп были выявлены значимые межгрупповые различия в показателях, характеризующих силу нервных процессов на отдельных этапах выполнения теппинг-теста. Так, у исследуемых 2 группы анализируемые показатели были значимо выше, нежели у исследуемых 1 группы. Так, на 5 секунде процент различий составил 28,1 % ($p < 0,001$), на 10 секунде – на 27,4 % ($p < 0,01$), на 15 секунде – на 53,9 % ($p < 0,001$), на 20 секунде – на 72,2 % ($p < 0,001$), на 25 секунде – на 58,5 % ($p < 0,001$) и на 30-й секунде – на 72,8 % ($p < 0,001$) соответственно. Выявленные различия связаны с особенностями биохимических процессов, опосредующих центральные механизмы реализации двигательного акта [4, 13, 14].

Таким образом, несмотря на качественную характеристику слабости нервных процессов у исследуемых 2 группы, их показатели силы нервных процессов выше, нежели у исследуемых 1 группы. Это характеризует более высокий уровень проявления скоростных способностей юных спортсменов.

Для изучения влияния занятий тайским боксом на развитие силовых способностей был проведен сравнительный анализ показателей силы мышц пояса верхних и нижних конечностей, результаты которого представлены в таблице 2.

Так видно из данных, представленных в таблице, показатели кистевой динамометрии левой руки у исследуемых 1 группы составили $10,90 \pm 0,75$ кг, что соответствует оценке «удовлетворительно» [9, 10]. У исследуемых 2 группы значения данного показателя составили $13,63 \pm 0,73$ кг, что соответствует оценке «хорошо». Таким образом, данный показатель у исследуемых 2 группы был значимо выше (на 25,1 %) по сравнению с исследуемыми 1 группы ($p < 0,05$).

Показатели кистевой динамометрии правой руки у исследуемых 1 группы составили $12,03 \pm 0,73$ кг, у исследуемых 2 группы – $14,87 \pm 0,76$ кг. Таким образом,

данный показатель у исследуемых 2 группы был значимо выше (на 23,5 %) по сравнению с исследуемыми 1 группы ($p < 0,01$).

Таблица 2.
Различия в показателях силовых способностей между исследуемыми группами

Показатели	Контрольная группа	Основная группа	p	%
Кистевая динамометрия (левая рука, кг)	10,90±0,75	13,63±0,73	0,0431	25,1
Кистевая динамометрия (правая рука, кг)	12,03±0,73	14,87±0,76	0,0062	23,5
Отжимания за 15 сек (раз)	8,87±0,85	13,73±1,08	0,0033	54,9
Прыжок в длину (см)	121,27±3,89	139,13±5,21	0,0058	14,7
Прыжок в высоту (см)	11,45±0,41	14,29±0,68	0,0027	24,8
Бег 30 м (с)	6,61±0,12	6,18±0,09	0,0215	-6,6

Примечание: представлены значения среднего (X), стандартной ошибки среднего (Sx), уровень статистической достоверности различий (p) по критерию Стьюдента, процент межгрупповых различий абсолютных значений (%).

Высокие показатели силы мышц-сгибателей кисти исследуемых 2 группы преимущественно связаны с адаптивными перестройками нервно-мышечного аппарата. Эти перестройки выражаются в способности ЦНС активировать большее число мотонейронов, тем самым вовлекая в деятельность большее количество двигательных единиц. На исполнительном уровне – в мышечном аппарате – улучшается кровоснабжение, интенсифицируются процессы обмена, увеличиваются запасы энергетических веществ [6, 9, 15].

Результаты теста «отжимание за 15 секунд» у исследуемых 1 группы составили 8,87±0,85 раз, у исследуемых 2 группы – 13,73±1,08 раз. Таким образом, результат скорости сгибания и разгибания рук в упоре лежа у исследуемых 2 группы был значимо выше на 54,9 % ($p < 0,01$). Представленные данные свидетельствуют о том, что силовые нагрузки, применяемые в тайском боксе, способствуют более быстрому вовлечению двигательных единиц в процесс двигательного акта, увеличивают количество «быстрых» мышечных волокон и повышают мощность креатинфосфатного механизма ресинтеза АТФ [16–18].

Результаты теста «прыжок в длину» у исследуемых 1 группы составили 121,27±3,89 см, у исследуемых 2 группы – 139,13±5,21 см. Таким образом, результаты данного теста у исследуемых 2 группы значимо выше на 14,7%, нежели у исследуемых 1 группы ($p < 0,01$). Данные различия связаны с применением в тайском боксе упражнений скоростно-силового характера, что приводит к активации корковых процессов, изменяет функциональное состояние нервно-мышечного аппарата и, как следствие, повышает уровень «взрывной» силы [19, 20].

Результаты теста «прыжок в высоту» у исследуемых 1 группы составили 11,45±0,41 см, у исследуемых 2 группы – 14,29±0,68 см. Таким образом, у

исследуемых 2 группы данный показатель был значимо выше на 24,8 % ($p < 0,01$). Более высокие показатели данного теста у исследуемых 2 группы обусловлены адаптацией нервно-мышечного аппарата к физическим нагрузкам, используемым в тренировочных занятиях [9].

Результаты теста «бег на 30 метров» у исследуемых 1 группы составили $6,61 \pm 0,12$ с, у исследуемых 2 группы – $6,18 \pm 0,09$ с, являясь значимо более высокими на 6,66 % ($p < 0,05$), чем у детей, не занимающихся спортом. Известно, что силовые нагрузки способствуют миофибриллярной гипертрофии и повышают мощность и емкость анаэробных систем энергообеспечения мышц. Увеличение скорости бега в результате подготовки в тайском боксе связано с совершенствованием этих механизмов [9, 18].

Таким образом, показано, что показатели скоростных и силовых способностей младших школьников, занимающихся тайским боксом, значительно выше, нежели у младших школьников, не занимающихся спортом. Это свидетельствует о существенном влиянии на улучшение данных показателей процесса спортивной подготовки, применяемой в тайском боксе.

В результате сравнительного анализа, представленного в исследовании, было установлено, что младшие школьники, занимающиеся тайским боксом, превосходят своих сверстников, не занимающихся спортом, в проявлении показателей скорости и силы. В процессе подготовки тайбоксеров повышается функциональное состояние нервно-мышечного аппарата, что проявилось в показателях теппинг-теста и времени простой сенсомоторной реакции и, вероятно, связано с более быстрым рецепторным ответом, увеличением скорости передачи возбуждения в ЦНС, формированием сигнала действия, проведением сигнала к мышцам, их возбуждением и формированием соответствующего двигательного ответа [4, 20].

Более высокий уровень силовых способностей у исследуемых 2 группы, определяемый по кистевой динамометрии, прыжковым тестам и бегу на 30 метров обусловлен адаптацией различных компонентов нервно-мышечного аппарата к физическим нагрузкам. Известно, что проявления силы зависят от многих биологических факторов: физиологического поперечника мышц; соотношения быстрых и медленных волокон; уровня возбуждения соответствующих нервных центров; сократительных свойств мышц, запасов АТФ в мышцах, мощности и емкости фосфагенного механизма энергообеспечения. Повышение силы связано преимущественно с адаптивными перестройками на корковом уровне. Эти перестройки выражаются в способности ЦНС активировать большее число мотонейронов, тем самым вовлекая в деятельность большее количество двигательных единиц. На исполнительном уровне – в мышечном аппарате – улучшается кровоснабжение, интенсифицируются процессы обмена, увеличиваются запасы энергетических веществ [18, 20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Уровень развития скоростных и силовых способностей младших школьников, занимающихся физической культурой по школьной программе, по исследуемым показателям является недостаточным. У младших школьников, занимающихся

тайским боксом, согласно проведенным тестам уровень скоростных и силовых способностей находится на более высоком уровне.

2. Занятия тайским боксом в младшем школьном возрасте приводят к совершенствованию приспособительных механизмов опорно-двигательного и нервно-мышечного аппарата, повышению экономичности и эффективности его функционирования, увеличивают силу мышц верхних и нижних конечностей. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии занятий тайским боксом на развитие скоростных и силовых способностей младших школьников 8–10 лет в сравнении со сверстниками, не занимающимися спортом.

Список литературы

1. Гилби Д. Ф. Секреты боевых искусств / Д. Ф. Гилби. – М.: Физкультура и спорт, 1991. – 134 с.
2. Заяшников С. И. Тайский бокс. Учебно-методическое пособие / С. И. Заяшников. – М.: Терра-Спорт, 2002. – 272 с.
3. Теория и методика физического воспитания. Том 1. Общие основы теории и методики физического воспитания / Под ред. Т. Ю. Круцевич. – К.: Олимпийская литература, 2003. – 424 с.
4. Ильин Е. П. Психология физического воспитания / Е. П. Ильин. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 320 с.
5. Матвеев Л. П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов / Л. П. Матвеев. – М.: Физкультура и спорт, 1997. – 289 с.
6. Калмыков Е. В. Методика воспитания силовых способностей и гибкости у тайбоксеров-юношей на этапе углубленной специализации / Е. В. Калмыков, В. Б. Гармаев // Вестник спортивной науки. – 2006. – № 3. – С. 13–16.
7. Цинис А. В. Динамика variability сердечного ритма у студентов занимающихся тайским боксом в годичном цикле подготовки проживающих в приполярном регионе / А. В. Цинис, В. Н. Пушкина, А. В. Кочнев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – С. 1811.
8. Шундеев А. А. Многофакторная система оценки в смежных видах единоборств (бокс, кикбоксинг) у спортсменов в возрасте от 10 до 18 лет / А. А. Шундеев // Физическое воспитание студентов. – 2009. – № 2. – С. 149–159.
9. Романенко В. А. Двигательные способности человека / В. А. Романенко. – Донецк: УКЦентр, 1999. – 336 с.
10. Романенко В. А. Диагностика двигательных способностей человека: учебное пособие / В. А. Романенко. – Донецк: ДонНУ, 2005. – 290 с.
11. Леонтьева М. М. Анатомия и физиология детского организма / М. М. Леонтьева. – М.: Физкультура и спорт, 1998. – 420 с.
12. Капилевич Л. В. Физиологические методы контроля в спорте / Л. В. Капилевич, К. В. Давлетьярова, Е. В. Кошельская [и др.]. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 172 с.
13. Иванов А. Л. Кикбоксинг / А. Л. Иванов. – Киев: Олимпийская литература, 1994. – 267 с.
14. Лях В. И. Комплексная программа физического воспитания учащихся 1-11 классов / В. И. Лях, А. А. Зданевич. – Москва: Просвещение, 2007. – 169 с.
15. Озолин Н. Г. Настольная книга тренера: наука побеждать / Н. Г. Озолин. – М. АСТ: Астрель, 2004. – 863 с.
16. Никитушкин В. Г. Современная подготовка спортсменов: методическое пособие / В. Г. Никитушкин. – Москва, 2009. – 116 с.
17. Остьянов В. Н., Обучение и тренировка боксеров / В. Н. Остьянов. – М.: Олимпийская литература, 2011. – 272 с.
18. Солодков А. С. Физиология человека. Общая, спортивная, возрастная / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. – М.: Олимпия Пресс, 2005. – 528 с.
19. Дашинорбоева В. Д. Физическая культура: Учебное пособие для студ. высших учеб. заведений. / В. Д. Дашинорбоева – Улан-Удэ: ВСГТУ, 2007. – 229 с.

20. Селуянов В. Н. Физическая подготовка единоборцев (самбо, дзюдо). Теоретико-практические рекомендации. / В. Н. Селуянов, Д. В. Максимов, С. Е. Табаков – М.: Дивизион, 2011. – 160 с.

ASSESSMENT OF SPEED AND STRENGTH CAPACITIES IN CHILDREN OF PRIMARY SCHOOL AGE PRACTICING MUAY THAI

Cherniy S. V., Mishin N. P., Nagaeva E. I., Lobzikova V. E.

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

Currently the Russian Federation is considered to be one of the leading countries in promoting the development of Muay Thai. The growth of skill and mastership in boxers is largely determined by the quality of the training process, the search for the ways of improving and optimizing its design and planning. One of the main conditions necessary for the high efficiency of training the athletes is the thorough account of the age-related and individual anatomical and physiological properties in respect to the individual stages of development of children and adolescents.

The purpose of the study – to analyze the age-related properties of developing the strength and speed capacities in children of the primary school age practicing Muay Thai.

There have been examined the two groups of children (each one consisting of 15 children). The first one included the children ($9,07 \pm 0,47$ years old) not involved in sports. The second one ($9,04 \pm 0,36$ years old) consisted of the children practicing Muay Thai for two years. The following indices have been measured: speed properties (simple sensorimotor reaction; tapping test), strength properties (bursting-strength of leg muscles – long jumps; 30 meter race; jumps up; the maximum hand flexor muscle strength).

Statistic comparison of the measured indices between the two groups has revealed the increase in the speed properties for the second group of children: 39.2 % for simple sensorimotor reaction and from 27.1 % to 72.8 % for the tapping-test. The strength properties were higher by 25.1 % and 23.5 % for the left and right arm dynamometry indices correspondingly, 54.9 % for the push-ups in 15 seconds, 14.75 % for the long jumps, 24.8 % for the jumps up, and 6.6 % for the 30 meter race.

The results are sufficient to state the positive effects of Muay Thai training on developing the speed and strength capacities in children of the primary school age.

Keywords: Muay Thai, speed capacities, strength capacities, children of primary school age.

References

1. Gilbi D. F., *Sekretiy boevyih iskusstv*, 134 p. (Fizkultura i sport, Moskva, 1991).
2. Zayashnikov S. I., *Tayskiy boks. Uchebno-metodicheskoe posobie*, 272 p. (Terra-Sport, Moskva, 2002).
3. Krutsevich T. Yu., *Teoriya i metodika fizicheskogo vospitaniya*. Tom 1. Obschie osnovyi teorii i metodiki fizicheskogo vospitaniya, 424 p. (Olimpiyskaya literatura, Kiev, 2003).
4. Ilin E. P., *Psihologiya fizicheskogo vospitaniya*, 320 p. (Fizkultura i sport, Moskva, 1987).
5. Matveev L. P., *Osnovyi obschey teorii sporta i sistemyi podgotovki sportsmenov*, 289 p. (Fizkultura i sport, Moskva, 1997).

6. Kalmyikov E. V., Garmaev V. B., Metodika vospitaniya silovyih sposobnostey i gibkosti u taybokserov-yunoshey na etape uglublennoy spetsializatsii, *Vestnik sportivnoy nauki*, **3**, 13(2006).
7. Tsinis A. V., Pushkina V. N., Kochnev A. V., Dinamika variabelnosti serdechnogo ritma u studentov zanimayuschihsya tayskim boksom v godichnom tsikle podgotovki prozhivayuschih v pripolyarnom regione, *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, **1**, 1811(2015).
8. Shundeev A. A., Mnogofaktornaya sistema otsenki v smezhnyih vidah edinoborstv (boks, kikkoksing) u sportsmenov v vozraste ot 10 do 18 let, *Fizicheskoe vospitanie studentov*, **2**, 149(2009).
9. Romanenko V. A., *Dvigatelnyie sposobnosti cheloveka*, 336 p. (UKTsentr, Donetsk., 1999).
10. Romanenko V. A., *Diagnostika dvigatelnyih sposobnostey cheloveka*, 290 p. (DonNU, Donetsk, 2005).
11. Leonteva M. M. *Anatomiya i fiziologiya detskogo organizma*, 420 p. (Fizkultura i sport, Moskva, 1998).
12. Kapilevich L. V., Davletyarova K. V., Koshelskaya E. V.[i dr.], *Fiziologicheskie metody kontrolya v sporte*, 172 p. (Izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, Tomsk, 2009).
13. Ivanov A. L., *Kikkoksing*, 267 p. (Olimpiyskaya literatura, Kiev 1994).
14. Lyah V. I., Zdanevich A. A., *Kompleksnaya programma fizicheskogo vospitaniya uchashihsya 1–11 klassov*, 169 p. (Prosveschenie, Moskva, 2007).
15. Ozolin N. G., *Nastolnaya kniga trenera: nauka pobezhdad*, 863 p. (AST: Astrel, Moskva, 2004).
16. Nikitushkin V. G., *Sovremennaya podgotovka sportsmenov*, 116 p. (Moskva, 2009).
17. Ostyanov V. N., *Obuchenie i trenirovka bokserov*, 272 p. (Olimpiyskaya literatura, Moskva, 2011).
18. Solodkov A. S., Sologub E. B., *Fiziologiya cheloveka*. Obschaya, sportivnaya, vozrastnaya, 528 p. (Olimpiya Press, Moskva, 2005).
19. Dashinorboeva V. D., *Fizicheskaya kultura: Uchebnoe posobie dlya stud. vyisshih ucheb. Zavedeniy*, 229 p. (VSGTU, Ulan-Ude, 2007).
20. Seluyanov V. N., Maksimov D. V., Tabakov S. E., *Fizicheskaya podgotovka edinobortsev (sambo, dzyudo)*. Teoretiko-prakticheskie rekomendatsii, 160 p. (Divizion, Moskva, 2011).

УДК 631.53.027: 631.811.98

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТА ЦИРКОН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.).

Чмелёва С. И., Кучер Е. Н., Соловей Я. Н.

¹Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: schmeleva@mail.ua

Показано повышение устойчивости пшеницы сорта Трипольская к действию низких положительных температур на ранних этапах онтогенеза под влиянием обработки семян препаратом Циркон. Установлено, что предпосевная обработка регулятором роста повышает энергию прорастания и всхожесть семян.

Использование препарата Циркон приводит к увеличению значений морфометрических показателей растений на ранних этапах онтогенеза как в оптимальных температурных условиях ($t=+22\text{--}+24^\circ\text{C}$), так и в условиях температурного стресса ($t=+4^\circ\text{C}$). Наиболее выраженный стимулирующий эффект при различных температурных режимах выращивания оказывает концентрация раствора регулятора роста, равная 0,1 мг/л.

Ключевые слова: пшеница, препарат Циркон, энергия прорастания, всхожесть, морфометрические параметры, холодоустойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

Пшеница (*Triticum aestivum* L.) во многих странах мира является основной зерновой культурой. Ни один злак не имеет столько видов и сортов, как пшеница. Создание новых высокопродуктивных сортов озимой пшеницы – основное направление селекции этой культуры. Важным фактором снижения урожайности озимой пшеницы в Крыму служат сложные осенне-зимние условия. Даже холодоустойчивые формы могут сильно поредеть или погибнуть. В отдельные годы уничтожается до 70 % посевов на больших площадях.

Одним из важнейших периодов в развитии озимой пшеницы являются ранние фазы онтогенеза (от начала прорастания до кушения). Это период формирования главных органов озимого растения и подготовки к зиме [1]. В то же время характерной особенностью природных условий Республики Крым являются частые резкие перепады температур на этом этапе развития растений.

Для ослабления отрицательных влияний низких температур в сельскохозяйственной практике используют различные приемы, но они не всегда бывают эффективными в плане продуктивности и качества, а также экономической целесообразности [2]. В ряде работ было показано положительное влияние обработки растений синтетическими регуляторами роста [3–5].

К таким препаратам относится Циркон, созданный на основе гидроксикоричных кислот, выделенных из эхинацеи пурпурной (*Echinacea*

purpurea L.). Циркон разработан фирмой ННПП «НЭСТ М», зарегистрирован Госхимкомиссией и внесен в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, допущенных к применению на территории РФ в 2001 году [6, 7]. По эффективности и экологической безопасности Циркон отвечает мировым стандартам [8]. Результатом применения становится активизация фитогормонов, улучшение посевных качеств семян, повышение устойчивости растения к стрессовым условиям внешней среды, и, как следствие, повышение урожайности культур [9–11].

Целью проведенного нами исследования явилось изучение влияния препарата Циркон на рост и развитие озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L. CV /Трипольская/) на ранних этапах онтогенеза в различных температурных условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использовались семена и растения пшеницы озимой сорта Трипольская (*Triticum aestivum* L. CV 'Трипольская'). Отобранные по средним размерам и протравленные в слабом растворе перманганата калия, семена замачивали в водных растворах препарата Циркон (0,025 мг/л, 0,05 мг/л, 0,1 мг/л и 0,2 мг/л) в течение 4 часов, а затем помещали в термостат типа ТС-80-М-2 для проращивания в темноте при +25°C. Для сравнения использовались семена, замоченные в водопроводной воде. Проросшие семена высаживались в стеклянные сосуды емкостью 0,5 л, заполненные питательной смесью Прянишникова. С целью изучения влияния препарата Циркон на прорастание семян и изменение морфометрических параметров пшеницы в оптимальных температурных условиях растения выращивались в водной культуре при естественном освещении при температуре от +22 до +24°C в течение 21 суток. На 3-и и 7-е сутки определялась соответственно энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян, а у 14–21-дневных растений устанавливалась величина морфометрических показателей (высота растений, длина корней, масса сырого и сухого вещества, площадь листовой поверхности) по общепринятым в физиологии растений методикам [12].

При изучении влияния препарата Циркон на устойчивость пшеницы к действию низких положительных температур растения выращивали в водной культуре при температуре от +22 до +24°C в течение 7 суток, далее помещали на 20 часов в холодильную камеру (t=+4°C), а затем возвращали в нормальные условия и выращивали в водной культуре [5]. У 14–21-дневных растений измеряли значения морфометрических параметров. Использовано два контрольных варианта: контроль 1 – семена замачивали в отстоянной водопроводной воде, растения выращивали в нормальных температурных условиях; контроль 2 – семена замачивали в отстоянной водопроводной воде, растения подвергались действию низкой положительной температуры. Полученные экспериментальные данные обработаны с помощью методов математической статистики [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными показателями, определяющими жизнеспособность будущих проростков, является энергия прорастания и всхожесть семян. Результаты

исследования по изучению влияния различных концентраций препарата Циркон на посевные качества семян пшеницы сорта Трипольская приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние предпосевной обработки препаратом Циркон на посевные качества семян пшеницы сорта Трипольская

Варианты опыта	Посевные качества семян ($\bar{x} \pm S_x$)	
	энергия прорастания, в % к контролю 1	лабораторная всхожесть, в % к контролю 1
Циркон 0,025 мг/л	168,9 \pm 1,8**	159,6 \pm 3,6**
Циркон 0,05 мг/л	170,5 \pm 2,1**	144,1 \pm 3,4**
Циркон 0,1 мг/л	165,5 \pm 2,2**	151,7 \pm 2,9**
Циркон 0,2 мг/л	80,5 \pm 1,1*	107,6 \pm 2,4 ^{н/д}

Примечание к таблице: звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$; н/д – разница недостоверна.

Анализ полученных данных показал, что предпосевная обработка пшеницы используемыми концентрациями регулятора роста оказала различное влияние на энергию прорастания семян. Воздействие на семена растворами Циркона концентрацией 0,025, 0,05 и 0,1 мг/л привело к увеличению значений показателя на 65–70 % по сравнению с контролем. Обработка семян раствором в концентрации 0,2 мг/л ингибировала процесс прорастания семян на 3-и сутки (значение показателя снизилось на 19 %).

Так же как и на энергию прорастания, значимое влияние на всхожесть пшеницы оказала обработка семян регулятором роста в концентрациях 0,025, 0,05 и 0,1 мг/л, повышая величину показателя. Наилучшие результаты были получены под воздействием на растения препарата в концентрации 0,025 мг/л. Всхожесть увеличилась на 59,6 % по сравнению с контролем.

В результате изучения особенностей влияния препарата Циркон на морфометрические параметры растений пшеницы в оптимальных температурных условиях было установлено, что наиболее выраженное стимулирующее воздействие на всем протяжении исследования имела предпосевная обработка семян раствором в концентрации 0,1 мг/л. Высота побегов 21-дневных растений в этом варианте опыта превышает контроль на 20 %, длина корневой системы – на 38 %, площадь листовой поверхности – на 21 %, масса сырого вещества – на 40 %, масса сухого вещества побегов – на 38 %, масса сухого вещества корней – на 44 % (рис. 1).

Предпосевная обработка Цирконом оказала наиболее выраженное влияние на линейные размеры и прирост массы сухого вещества корневой системы по сравнению с побегом. Данный факт может быть объяснен особенностями механизма физиологического действия гидроксикоричных кислот, которые способны ингибировать активность ауксиноксидазы, в результате происходит активизация действия ауксина, что, в свою очередь, непосредственно вызывает повышение корнеобразования.

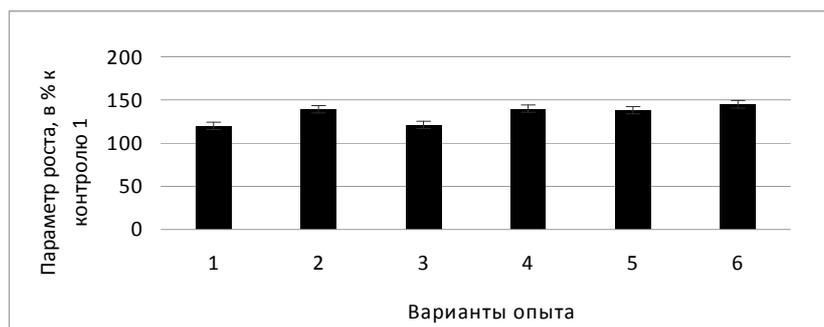


Рис. 1. Влияние препарата Циркон (0,1 мг/л) на морфометрические параметры 21-дневных растений в оптимальных температурных условиях (+22–24 °С): 1 – высота побега; 2 – длина корневой системы; 3 – площадь листовой поверхности; 4 – масса сырого вещества растения; 5 – масса сухого вещества побега; 6 – масса сухого вещества корневой системы.

Изучение влияния действия низких положительных температур на устойчивость 7-дневных растений позволило установить, что у растений, подвергшихся действию температуры +4°С (контроль 2), на 21-е сутки развития установлена четкая тенденция к снижению величины параметров роста по сравнению с контрольными, выращенными при оптимальной температуре (контроль 1) (рис. 2).

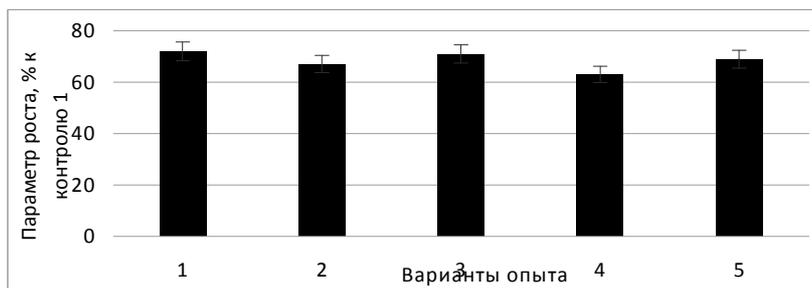


Рис. 2. Влияние препарата Циркон (0,1 мг/л) на морфометрические параметры 21-дневных растений после 20-часового воздействия низкой положительной температуры (+4°С): 1 – высота побега; 2 – длина корневой системы; 3 – площадь листовой поверхности; 4 – масса сырого вещества растения; 5 – масса сухого вещества растения.

Использование регулятора роста Циркон при предпосевной обработке пшеницы привело в условиях холодого стресса к повышению значений всех исследуемых параметров у опытных растений по сравнению с подвергшимися действию низких температур контрольными (табл. 2). Положительное влияние предпосевной обработки на устойчивость растений оказали все исследуемые концентрации регулятора роста. Наиболее эффективное воздействие оказала

концентрация раствора препарата, равная 0,1 мг/л. Под влиянием обработки семян раствором этой концентрации высота побегов увеличилась по сравнению с контролем 2 на 28 %, длина корневой системы – на 35 %, площадь листовой поверхности – на 31 %, масса сырого вещества – на 47 %, а масса сухого вещества – на 38 %.

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки препаратом Циркон на морфометрические параметры пшеницы сорта Трипольская на фоне действия низких положительных температур

Варианты опыта	Морфометрические параметры, % от контроля 1 ($\bar{x} \pm S_x$)				
	высота побега	длина корневой системы	площадь листовой поверхности	масса сырого вещества	масса сухого вещества
Контроль 2	73,4±3,4	65,9±2,2	72,4±3,1	64,2±2,5	69,4±2,4
Циркон 0,025 мг/л	80,1±3,3 ^{н/д}	74,1±3,1 [*]	80,7±3,3 ^{н/д}	69,9±3,2 ^{н/д}	78,9±3,6 [*]
Циркон 0,05 мг/л	85,4±3,6 [*]	78,3±3,1 ^{**}	86,4±3,6 ^{**}	85,3±3,1 ^{**} *	88,2±3,4 ^{**} *
Циркон 0,1 мг/л	94,1±4,6 ^{***}	89,1±4,5 ^{***}	94,5±4,0 ^{***}	94,5±4,1 ^{***}	95,8±4,2 ^{***}
Циркон 0,2 мг/л	90,5±4,2 ^{***}	85,0±4,1 ^{***}	89,9±4,1 ^{***}	86,2±4,2 ^{***}	84,7±4,2 ^{***}

Примечание к таблице: звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при * $P \leq 0,05$, ** $P \leq 0,01$, *** $P \leq 0,001$; н/д – разница недостоверна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований нами были сделаны следующие выводы:

1. Предпосевная обработка препаратом Циркон стимулирует прорастание и ростовые процессы пшеницы сорта Трипольская.
2. Оптимальной концентрацией препарата Циркон, стимулирующей рост и развитие растений пшеницы как в оптимальных температурных условиях, так и в условиях температурного стресса, является концентрация, равная 0,1 мг/л.
3. Предпосевная обработка семян препаратом Циркон повышает устойчивость пшеницы сорта Трипольская к действию низких положительных температур.

Список литературы

1. Туманов И. И. Физиология закаливания и морозостойкости растений / Туманов И. И. — М.: Наука, 1979. — 350 с.
2. Деева В. А. Избирательное действие химических регуляторов роста / Деева В. А., Шелег З. И., Санько Н. В. — Минск: Наука и техника, 1988. — 255 с.
3. Лукаткин А. С. Влияние препарата цитодеф на рост и холодоустойчивость теплолюбивых растений / А. С. Лукаткин, О. В. Овчинникова // Агрехимия. — 2009. — № 12. — С. 45–53.
4. Лукаткин А. С. Экзогенные регуляторы роста как средство повышения холодоустойчивости теплолюбивых растений / А. С. Лукаткин, О. А. Зауралов // Агрехимия. — 2009. — № 6. — С. 20–22.
5. Лукаткин А. С. Влияние тиазурана на устойчивость проростков огурца к стрессовым факторам / А. С. Лукаткин, М. И. Старкина // Агрехимия. — 2011. — № 10. — С. 31–38.
6. Малеванная Н. Н. Препарат циркон – иммуномодулятор нового типа / Н. Н. Малеванная // Научно-практическая конференция «Применение препарата циркон в производстве сельскохозяйственной продукции». — М., 2004. — С. 17–20.
7. Малеванная Н. Н. Циркон – новый стимулятор роста и развития растений / Н. Н. Малеванная // VI Международная конференция «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях». — М., 2001. — С. 163–171.
8. Серёгина И. И. Влияние циркона на повышение устойчивости пшеницы к солям тяжёлых металлов. / И. И. Серёгина // Тез. докл. научн.-практ. конф. «Применение препарата циркона в с/хозяйстве». — М., 2004. — С. 9–10.
9. Чмелева С. И. Влияние препарата Циркон на рост и развитие растений кукурузы на начальных этапах онтогенеза / С. И. Чмелева, Е. Н. Кучер, Ю. О. Дашкевич, М. И. Ситник // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия. — 2013. — Т. 26 (65), № 4. — С. 188–195.
10. Чмелева С. И. Влияние препарата Циркон на рост и развитие растений кукурузы на начальных этапах онтогенеза в условиях почвенной засухи / С. И. Чмелева, Е. Н. Кучер, Ю. О. Дашкевич, М. И. Ситник // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия. — 2014. — Т. 27 (66), № 1. — С. 223–231
11. Цыганов А. Р. Результаты испытания новых регуляторов роста на зерновых культурах надерново-подзолистых почвах. / А. Р. Цыганов, И. Р. Вильдфлуш, А. С. Мастеров // Тез. докл VI Межд. конф. «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях». — М., 2001. — С. 290.
12. Третьякова Н. Н. Практикум по физиологии растений / Третьякова Н. Н. — М.: Колос, 2003. — 161 с.
13. Лакин Г. Ф. Биометрия. / Лакин Г. Ф. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.

USE OF DRUG ZIRCON FOR INCREASING OF LOW-TEMPERATURE RESISTANCE OF WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Chmeleva S. I., Kucher E. N., Solovey Y. N.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: schmeleva@mail.ua*

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the main cereal in many countries. Difficult autumn-winter conditions are an important factor in the reduction of winter wheat crop yield in Crimea. In some years, 70 % of crops are destroyed over large areas. The most important periods in the development of winter wheat are the early phases of ontogenesis (from the beginning of germination to tillering). It is the period of formation of the principal organs of winter plants and preparation for winter. But one of the peculiarities of natural

environment in the Republic of Crimea is frequent abrupt temperature changes at this stage of plant development.

In order to mitigate the negative effects of low temperatures in the agricultural practice various techniques are used, including cultivation of plants with synthetic growth regulators. These drugs include Zircon, created on the basis of hydroxycinnamic acids, extracted from *Echinacea purpurea* (*Echinacea purpurea* L.). The result of this application is activation of phytohormones, improved sowing qualities of seeds, increase of plants resistance to stressful environmental conditions, and as a result, increase of crop yields.

The purpose of our study was to investigate the influence of the drug Zircon on growth and development of winter wheat (*Triticum aestivum* L. CV /Tripolskaya/) in the early stages of ontogenesis in different temperature conditions. The seeds of average size were treated in weak solution of potassium permanganate and then soaked in aqueous solution of Zircon (0.025 mg/l, 0.05 mg/l 0.1 mg/l and 0.2 mg/l) for 4 hours, after that they were placed in a thermostat TS-80 M-2 for germination in the dark at +25° C. For comparison, we used also the seeds soaked in tap water. Germinated seeds were planted in glass 0.5 liter jars, filled with Pryanishnikov nutrient mixture. To establish the characteristic effect of the drug Zircon on germination of wheat and morphometric parameters in optimum temperature conditions, the plants were grown in aqueous culture under natural light at a temperature from +22 to +24° C for 21 days. On the 3rd and 7th days we determined, respectively, energy of sprouting and laboratory seed germination, and on 14–21days – value of morphometric parameters (plant height, root length, weight of wet and dry matter, leaf surface area) according to generally accepted methods in plant physiology.

In studying the effect of Zircon on wheat resistance to low positive temperature, the plants were grown in aqueous culture at a temperature from +22 to +24° C for 7 days, then placed for 20 hours in the refrigerator compartment (t =+4° C) and then returned to normal conditions and cultivated in an aqueous culture. 14–21-day-old plants were measured for morphometric parameters. Two control options were used: control 1: the seeds were soaked in settled tap water, the plants were grown in normal temperature conditions; control 2: seeds were soaked in settled tap water, plants were exposed to low positive temperatures.

It has been found that Tripolskaya wheat has an increased resistance to the low positive temperatures during the early stages of ontogenesis under the influence of seed treatment with Zircon. It was shown that pre-sowing treatment with growth regulator increases energy of sprouting and seed germination.

Use of the drug Zircon leads to an increase of morphometric indices of plants in the early stages of ontogenesis both in optimum temperature conditions (t= +22–+24° C) and under conditions of thermal stress (t=+4° C). The most pronounced stimulatory effect for growing at various temperature regimes was made by solution concentration of growth regulator equal 0.1 mg/l.

Keywords: wheat, drug Zircon, energy of sprouting, germination, morphometric parameters, resistance to cold.

References

1. Tumanov I. I., *Physiology of tempering and frost resistance*, 350 p. (Nauka, Moscow, 1979).
2. Deeva V. A., Sheleg Z. I. and Sanko N. V., *Selective action of chemical growth regulators*, 255 p. (Science and Technology, Minsk, 1988).
3. Lukatkin A. S. and Ovchinnikov O. V., Influence of drug Tsitodef on growth and cold resistance of heat-loving plants, *Agrochemistry*, **12**, 45 (2009).
4. Lukatkin A. S. and Zauralov O. A., Exogenous growth regulators as a means to improve cold resistance of heat-loving plants, *Agrochemistry*, **6**, 20 (2009).
5. Lukatkin A. S. and Starkin M. I., Influence of tiazuron on the stability to stress factors of cucumber seedlings, *Agrochemistry*, **10**, 31 (2011).
6. Malevannaya N. N., Drug Zircon – a new type of immune modulator, *Abstracts of scientific-practical conference "The use of Zircon product in the production of agricultural products"* (Moscow, 2004), p. 17.
7. Malevannaya N. N., Zircon – a new stimulator of growth and development of plants, *Abstracts of VI International Conference "Growth regulators and plant development in biotechnology"* (Moscow, 2001), p. 163.
8. Seregina I. I., Influence of Zircon on improving wheat resistance to salts of heavy metals, *Abstracts of scientific-practical conference. "The use of the drug Zircon in agriculture"* (Moscow, 2004), p. 9.
9. Chmeleva S. I., Kucher E. N., Dashkevich Yu. O. and Sitnik M. I., Effect of the drug Zircon on growth and development of corn plants in the early stages of ontogenesis, *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University*, Series: Biology, Chemistry, T. 26 (65), **4**, 188 (2013).
10. Chmeleva S. I., Kucher E. N., Dashkevich Yu. O. and Sitnik M. I., Effect of the drug Zircon on growth and development of corn plants in the early stages of ontogenesis in conditions of drought, *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University*, Series: Biology, Chemistry, T. 27 (66), **1**, 223 (2014).
11. Tsyganov A. R., Vildflush I. R. and Masterov A. S Test results of new growth regulators on cereals of sod-podzolic soils, *Abstracts of International Conference "Plant growth regulators and development in biotechnology"* (Moscow, 2001), p. 290.
12. Tretyakov H. H, *Workshop on Plant Physiology*, 161 p. (Kolos, Moscow, 2003).
13. Lakin G. F., *Biometrics*, 352 p. (Higher School, Moscow, 1990).

UDK 537.86:52.7+58.027

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

Sheykina N. V.

*National University of Pharmacy, Kharkov, Ukraine
E-mail: sheykina@ukr.net*

The gravitropic reaction of cress roots was investigated in static horizontal magnetic field and alternative electric field of different directions. The alternative electric field was tuned to cyclotron frequency of Ca^{2+} ions in horizontal static magnetic field. Six different variants were investigated. In the first variant the alternative electric field was parallel to magnetic one and roots were perpendicular to both of them. In the 2-nd variant the electric field was perpendicular to magnetic one and parallel to g , the roots were perpendicular to all of them. In the 3-d variant the electric field was perpendicular to magnetic one and parallel to g , the roots were parallel to magnetic field. In the 4-th variant the electric field was parallel to magnetic one and roots were parallel to both of them. In the 5-th variant the electric field was perpendicular to both the magnetic field and g and the roots were parallel to magnetic field. In the 6-th variant the electric field was perpendicular to both the magnetic field and g and the roots were parallel to electric field. The essential inhibition of gravitropic reaction has been observed only in the first variant. In the 6-th variant the essential decreasing of gravitropic reaction has been observed only at the beginning.

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

INTRODUCTION

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

To confirm or deny our hypothesis we changed [5, 6] the alternative component of magnetic field by alternative electric field of different orientations. In the works [5, 6] the following variants of roots location relatively to static vertical component of magnetic field and alternative component of electric field were studied.

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

■ At second variant the static magnetic field was directed parallel to the gravitation vector, the alternative electric field was directed perpendicular to static one, roots were directed parallel to alternative electric field;

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

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

To have the whole picture of the effects we observed the analogous investigation in the horizontal static magnetic field has been fulfilled.

The following variants of roots location relatively the static horizontal magnetic field and alternative electric field were investigated. In all variants the static magnetic field with magnetic inductance B_{DC} was directed perpendicular to the gravitational vector g .

In the first variant the electric field was parallel to magnetic one and the roots were perpendicular to both of them..

In the 2-nd variant the electric field was perpendicular to the magnetic one and parallel to the gravitropic vector g , the roots were perpendicular to both fields.

In the 3-d variant the electric field was perpendicular to magnetic one and parallel to g , the roots were parallel to magnetic field.

In the 4-th variant the electric field was parallel to magnetic one and roots were parallel to both of them.

In the 5-th variant the electric field was perpendicular to both the magnetic field and g and the roots were parallel to magnetic field.

■ In the 6-th variant the electric field was perpendicular to both the magnetic field and g and the roots were parallel to electric field. B_{DC} .

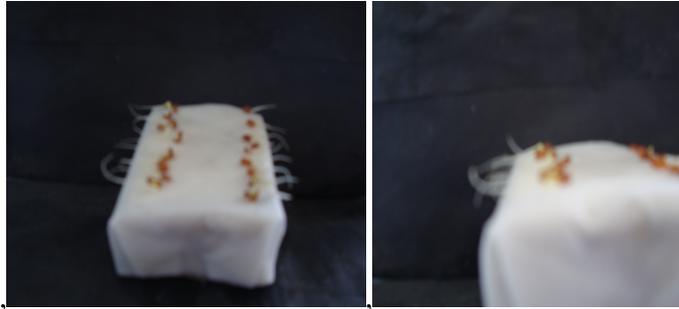
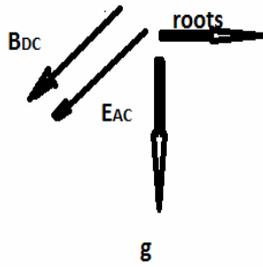
MATERIALS AND METHODS

To obtain the horizontal magnetic field it was necessary to turn the settings that had been drawn on fig 1 and 2 in the works [5, 6] on the side by the same way as in the work [3]. Then the axes of the shield and the solenoid became horizontal. In that case the setting shown on fig 1 {works 5, 6} create horizontal electric field and the setting shown on fig 2 {works 5, 6} create vertical electric field. The dependences of magnetic field and electric fields noises on the frequency were similar to the dependencies shown on fig 3 [5, 6]. But the amplitudes of spectral densities of magnetic and electric fields noises was approximately by two times less.

RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained were shown on fig. 1 and 2.

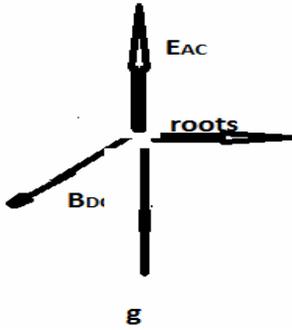
First variant



a

b

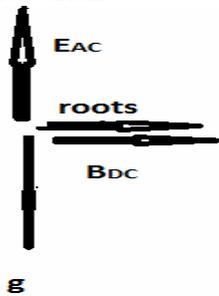
Second variant



c

d\

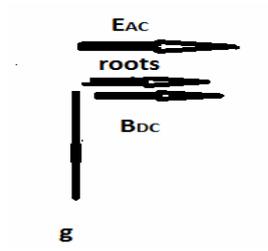
Third variant



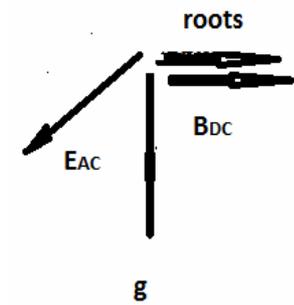
e

f

Forth variant



Fifth variant



Sixth variant

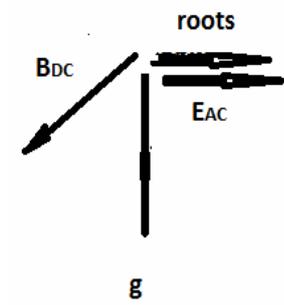


Fig 1. The gravitropic reaction of cress roots for 0.5 (a, c, e, g, I, k) and 1 hour (b, d, f, h, j, l). The value of static magnetic field induction was equal to $40\mu\text{T}$, the frequency of alternative electric field was equal to 31.75 Hz, and the amplitude of electric field was equal to 100 V/m.

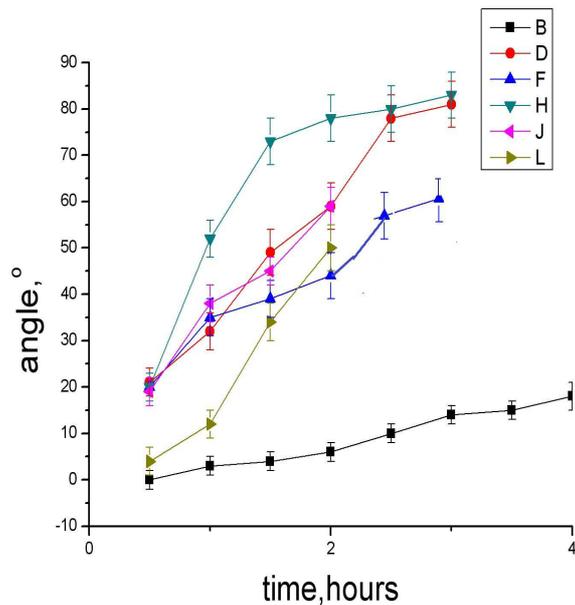


Fig. 2. Dependence of cross roots angle of divergence from the horizontal plane on. Magnetic field was directed perpendicular to gravitational vector g . Curve B corresponds to the first variant (variant the electric field was parallel to magnetic one and the roots were perpendicular to both of them.); curve D corresponds to the second variant (the electric field was perpendicular to the magnetic one and parallel to the gravitropical vector g , the roots were perpendicular to both fields); curve F corresponds to the third variant (the electric field was perpendicular to magnetic one and parallel to g , the roots were parallel to magnetic field); curve H corresponds to the fourth variant (the electric field was parallel to magnetic one and roots were parallel to both of them); curve J relates to the fifth variant (the electric field was perpendicular to both the magnetic field and g and the roots were parallel to magnetic field); curve L relates to the sixth variant (the electric field was perpendicular to both the magnetic field and g and the roots were parallel to electric field). The value of static magnetic field induction was equal to $40\mu\text{T}$, the frequency of alternative electric field was equal to 31.75 Hz, and the amplitude of electric field was equal to 100 V/m..

It was clear from fig. 1 and 2 that the main condition under which the gravitropic reaction inhibition was observed was the following. The roots needn't be parallel to the static magnetic field.

The results obtained in this work confirm the results of our previous works [3, 4]. It was shown in the works [3, 4] that the biological effect on gravitropic reaction existed only in the cases when the roots direction was perpendicular to static or alternative magnetic fields or to both of them. In this work we showed that the same effect existed. The gravitropic reaction was sensitive to simultaneous action of static magnetic field and alternative electric one only when the roots direction didn't coincide neither with the

direction to static magnetic field nor with the direction of alternative magnetic field created by alternative electric field. This result coincides well with the results of previous works [3–7] and confirmed the fact that the main direction of Ca^{2+} ions' moving was the moving along the roots. The results obtained in horizontal magnetic field confirmed the results obtained in vertical magnetic field.

The absence of gravitropic reaction changes in the cases when the roots direction of growing coincided with the static magnetic field direction showed that the direction of ions moving is important. In the case when there was no preferred ions moving direction the effect might be absent or decreased essentially. These argument may explain the difference between results obtained for different fulfilling of one and the same experiment. For instance the changes of gravitropic reaction were much smaller when the roots were growing on the sponge comparing with the results when the roots were growing in the air [8].

The effect we obtained may be explained by our theory based on Liboff's hypothesis [7] (the electric field of membrane was taken in consideration) and ours previous works. The breathing of the membrane is important only in the cases when the ions direction of moving is not parallel either for BDC or BAC. Here BAC is the alternative magnetic field created by alternative electric field.

We have to notice that while the gravitropic reaction is absent, the roots become thicker. The effect may be connected with water detained in roots.

CONCLUSIONS

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

References

1. Bogatina N. I., Kordyum E. L., Kalinina Ya. M., Sheykina N. V. Weak combined magnetic field changes root gravitropism *Advances in Space Research.*, **36**, 1229 (2005).
2. Kordyum E., Bogatina N., Sobol M., Kalinina Ja., Kondrachuk A. Cyclotron-based effects on plant gravitropism . *Adv. Space Res.* **39**, 1210 (2007)
3. Bogatina N. I., Sheykina N. V., Kordyum E. L. Maize and cress roots orientation in combined magnetic field change roots gravitropic reaction response on its action. Experiment and new hypothesis . Adaptation mechanism. Proceedings of VI International Congress "Low and superlow magnetic fields and radiation in biology and medicine, 73. (02-06 July Saint-Petersburg, 2012).
4. Bogatina N. I., Sheykina N. V. Influence of different relative orientation of static and alternative magnetic fields and cress roots on their gravitropic reaction, *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University Series «Biology, chemistry»*, **27 (66), 1**, 24.(2014).
5. Bogatina N. I., Sheykina N. V., Linnik A. S. Influence of alternative electric field on the cress roots gravitropic reaction in static magnetic field, *Physics of the Alive*, **21, 1-2**, 37 (2014).
6. Bogatina N. I., Sheykina N. V., Linnik A. S. Effect of alternative electric field on the cress roots gravitropic reaction in vertical static magnetic field, *Scientific Notes of Crimean V. I. Vernadsky Federal University Series «Biology, chemistry»*, **1 (67), 1**, 3 (2015).
7. Vincze G., Szasz A., Liboff A.R. New theoretical treatment of ion resonance phenomena// *Bioelectromagnetics*, **29**, 380 (2010).

8. Шейкина Н. В. Зависимость гравитропической реакции кресс-салата от амплитуды переменной составляющей комбинированного магнитного поля / Н. В. Шейкина, Н. И. Богатина, Е. Л. Кордюм // Біофізичний Вісник (Вісник Харківського університету). – 2007 – №18(1) – С. 78–90.

Шейкина Н. В. Влияние переменных электрических полей различных направлений на гравитропическую реакцию корней кресс-салата в вертикальном постоянном магнитном поле / Н. В. Шейкина // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2015. – Т. 1 (67), №3. – С. 81–87.

Исследовалась гравитропическая реакция корней кресс-салата в постоянном горизонтальном магнитном поле и переменном электрическом поле различных направлений. Переменное электрическое поле настраивали на циклотронную частоту ионов Ca^{2+} в горизонтальном магнитном поле. Опыт проводился при шести различных относительных направлениях магнитного, электрического полей и корней. В первом варианте электрическое поле параллельно магнитному, а корни перпендикулярны им обоим; во 2 варианте электрическое поле перпендикулярно магнитному и параллельно вектору гравитации, корни перпендикулярны им обоим; в 3 варианте электрическое поле перпендикулярно магнитному и параллельно вектору гравитации, корни параллельно магнитному полю; в 4 варианте электрическое поле параллельно магнитному, а корни параллельны им обоим; в 5 варианте электрическое поле перпендикулярно магнитному и перпендикулярно вектору гравитации, корни параллельны магнитному полю; в 6 варианте электрическое поле перпендикулярно магнитному полю и перпендикулярно вектору гравитации, корни параллельны электрическому полю. Значительное ослабление гравитропической реакции наблюдается лишь в 1 варианте. В 6 варианте значительное ослабление происходит лишь вначале.

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

УДК 612.821

ОТРАЖЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ В ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЭЭГ У ДЕТЕЙ 5–9 ЛЕТ

Эйсмонт Е. В., Бакунова А. В., Кайда А. И.

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

Результаты исследования свидетельствуют о том, что показатели, характеризующие состояние эмоциональной сферы, объективно отражаются в параметрах ЭЭГ, зарегистрированной в состоянии спокойного бодрствования у детей 5–9 лет. Выраженность неблагоприятных эмоциональных состояний в большей степени коррелирует с параметрами альфа2-, альфа3-, бета1- и бета2-ритмов и в меньшей степени с параметрами медленноволновых компонентов ЭЭГ. Повышенные значения модальной частоты альфа2- и альфа3-ритмов являются ЭЭГ-коррелятами высоких значений таких показателей, как «явная тревожность» (тест Прихожан), «фрустрация», «трудности общения» и «недоверие к себе» (методика «Дом–Дерево–Человек»). Более высоким амплитудам бета1- и бета2-ритмов соответствуют более высокие значения таких показателей, как «незащищенность», «трудности общения» и «депрессивность». Более высокие значения отношений амплитуд бета1- и тета-ритмов, бета2- и тета-ритмов отражают более высокие показатели по шкале «фрустрация».

Ключевые слова: эмоциональное состояние, электроэнцефалограмма, дети.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема эмоциональных расстройств у детей является достаточно актуальной. Эмоциональные проблемы, развивающиеся в детском возрасте, впоследствии могут отрицательно сказываться на функционировании личности. В частности, высокий уровень тревожности связан с широким спектром когнитивных, аффективных и поведенческих особенностей человека [1] и способствует возникновению ряда нервно-психических расстройств (панические атаки, фобии, депрессии и др.) [2–5]. При этом исследователями отмечается рост числа высокотревожных детей и подростков [6]. В связи с наличием данных проблем все более актуальными становятся вопросы, связанные с диагностикой состояния эмоциональной сферы у детей и подростков, а также построение коррекционных мероприятий, направленных на устранение каких-либо психоэмоциональных нарушений.

В изучении мозговых механизмов высших психических функций, а также в объективной диагностике состояний когнитивной и эмоциональной сфер личности важную роль играют методы оценки биоэлектрической активности мозга. В настоящее время имеется большое количество работ, посвященных исследованию взаимосвязей спектральных характеристик ЭЭГ и уровня тревожности [7–10]. Однако следует отметить, что многие подобные исследования проводились с

участием взрослых испытуемых и подростков. В отношении детей более раннего возраста настоящие вопросы остаются малоизученными.

Цель настоящей работы – установление взаимосвязей амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ и показателей эмоциональной сферы у детей 5–9 лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 30 практически здоровых детей 5–9 лет (24 мальчика и 6 девочек). Поскольку испытуемые не достигли пубертатного периода, то в дальнейшем показатели ЭЭГ и психологического тестирования рассматриваются для объединенной группы мальчиков и девочек.

Регистрация и анализ ЭЭГ осуществлялись по общепринятой методике с помощью компьютерного телеметрического электроэнцефалографа («Тредекс», Украина). В качестве рабочей программы использовалась «EEG Mapping 3» (программист Е. Н. Зинченко). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от локусов Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2 в соответствии с международной системой «10-20». В качестве референтного электрода в каждом случае использовали все электроды, кроме активного, объединенные вместе. Нейтральный («заземляющий») электрод располагали в локусе Cz. Частоты среза фильтров высоких и низких частот составляли соответственно 1,5 и 35 Гц, частота оцифровки ЭЭГ-сигналов – 250 с⁻¹.

У детей регистрировали ЭЭГ при закрытых и открытых глазах в состоянии двигательного покоя. Длительность каждой записи составляла 60–75 секунд. В составе ЭЭГ дифференцировались следующие диапазоны и поддиапазоны: дельта-ритм (1–4 Гц), тета-ритм (4–8 Гц), альфа-ритм (8–13 Гц), альфа1-ритм (8–9,5 Гц), альфа2-ритм (9,5–11 Гц), альфа3-ритм (11–13 Гц), бета1-ритм (14–20 Гц) и бета2-ритм (21–30 Гц). Модальная частота поддиапазонов альфа-ритма определялась как среднее арифметическое значение частот в соответствующем поддиапазоне данного частотного компонента, имеющее максимальную амплитуду в 20–25 отрезках записи длительностью 2,56 с. Рассчитывались также отношения амплитуд следующих диапазонов и поддиапазонов: альфа- и тета-ритмов, бета1- и тета-ритмов, а также бета2- и тета-ритмов.

Оценку эмоционального состояния детей проводили с помощью шкалы явной тревожности Прихожан [11] и проективной методики «Дом – Дерево – Человек» [12]. Шкала явной тревожности Прихожан предназначена для оценки уровня тревожности как относительно устойчивого образования у детей. В данной методике используется опросник, который включает в себя 53 вопроса, относящихся к сфере поведения и переживаний ребенка, и на которые он может дать либо положительный, либо отрицательный ответ. Ответы оцениваются баллами. Чем выше итоговый показатель, получаемый путем суммации баллов, тем выше уровень тревожности ребенка.

При использовании проективной методики «Дом – Дерево – Человек» ребенку дается лист бумаги размера А4, сложенный пополам, на котором он согласно инструкции должен как можно лучше нарисовать дом, дерево и человека. Каждый заданный объект рисуется на отдельной части листа. Данная методика позволяет

производить количественную оценку в баллах таких показателей, как «незащищенность», «тревожность», «недоверие к себе», «чувство неполноценности», «враждебность», «фрустрация», «трудности общения» и «депрессивность», в зависимости от наличия в рисунке ряда определенных качественных показателей. Например, наличие облаков и выраженная штриховка в рисунках, интенсивно покрашенные волосы у нарисованного человека и др. позволяет количественно оценить тревожность у ребенка.

Данные электрофизиологического исследования и показатели психологических тестов количественно обрабатывались посредством стандартных методов вариационной статистики. Для расчета корреляций использовали коэффициент корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования продемонстрировали наличие статистически значимых связей между показателями, характеризующими состояние эмоциональной сферы детей 5–9 лет, и параметрами ЭЭГ. Результаты корреляционного анализа показали наличие положительной связи между значениями явной тревожности, определяемой по методике Прихожан, и величинами модальной частоты альфа3-ритма ЭЭГ при закрытых глазах (рис. 1).

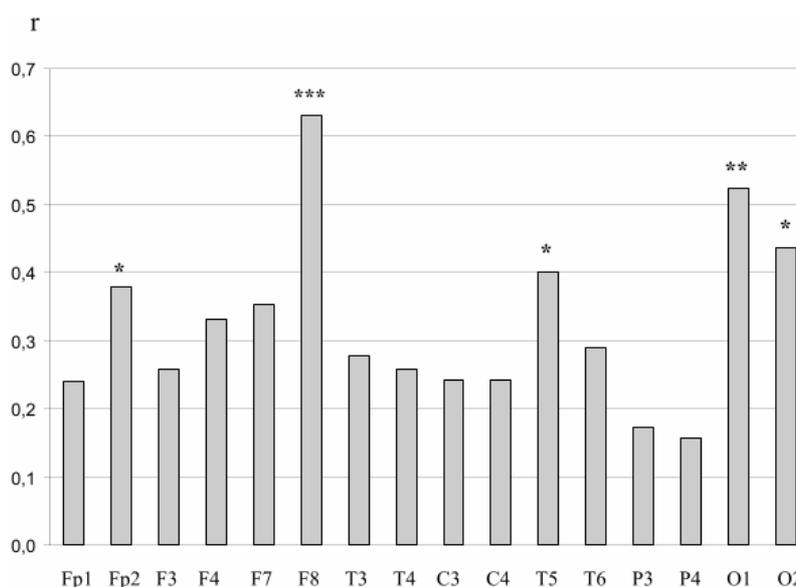


Рис. 1. Значения коэффициентов корреляции (r) показателей явной тревожности, определяемых по методике Прихожан, с величиной модальной частоты альфа3-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах. По оси абсцисс – локусы отведения электроэнцефалограммы. Звездочками отмечены случаи значимости корреляционной зависимости: * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$.

Также были обнаружены отрицательные связи между значениями явной тревожности и величинами модальной частоты альфа1-ритма (в отведениях Fp1, T3, T5, T6, C4, O1; $-0,38 \leq r \leq -0,64$; $0,0003 \leq p \leq 0,044$) и отношений амплитуд альфа- и тета-ритмов (в отведениях F3, T3, T4, T5, P3; $-0,38 \leq r \leq -0,42$; $0,028 \leq p \leq 0,048$) ЭЭГ при закрытых глазах. Кроме того, чем выше был уровень тревожности, определяемый по данной методике, тем ниже были значения модальной частоты альфа1-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах (в отведениях T3, C4, P3, P4, O1, O2; $-0,38 \leq r \leq -0,54$; $0,003 \leq p \leq 0,049$).

Значения по шкале «тревожность», определяемые с помощью проективной методики «Дом-Дерево-Человек», имели положительные корреляционные связи с величинами модальной частоты альфа-ритма (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, T3, T4, T5, T6, P4, O1, O2; $0,38 \leq r \leq 0,53$; $0,003 \leq p \leq 0,039$) и отношений амплитуд альфа3- и тета-ритмов (Fp2, F3, F4, F7, F8, T4, C3, C4, T6, O1, O2; $0,37 \leq r \leq 0,54$; $0,002 \leq p \leq 0,043$) ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах, и модальной частоты альфа-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах (в Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, T4, T5, T6, P3, P4, O1; $0,37 \leq r \leq 0,55$; $0,002 \leq p \leq 0,045$).

Для значений по шкале «незащищенность» были установлены положительные корреляционные связи с величинами амплитуд бета1-ритма (Fp1, F3, F4, F7, C3; $0,38 \leq r \leq 0,45$; $0,013 \leq p \leq 0,038$) и бета2-ритма в ЭЭГ при закрытых глазах (рис. 2), а также амплитуды бета2-ритма в ЭЭГ при открытых глазах (F7, F8, C3, C4; $0,39 \leq r \leq 0,44$; $0,016 \leq p \leq 0,033$). Кроме того, чем выше были значения по данной шкале, тем выше были значения по шкале «депрессивность» ($r = 0,51$, $p = 0,004$).

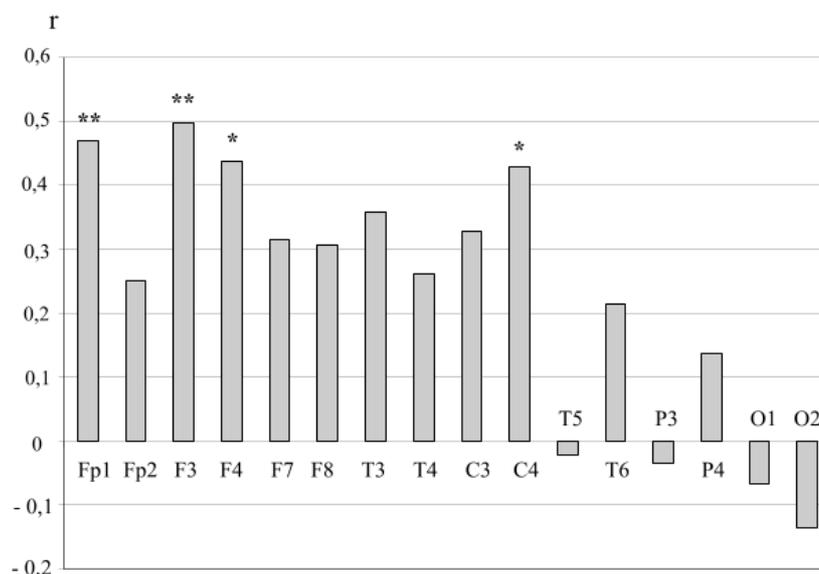


Рис. 2. Значения коэффициентов корреляции (r) показателей по шкале «незащищенность», определяемых по тесту «Дом-Дерево-Человек», с величиной амплитуды бета2-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Показатели по шкале «недоверие к себе» имели положительную связь с величиной модальной частоты альфа3-ритма ЭЭГ при закрытых глазах (рис. 3) и открытых глазах (в F8, T3, T4, C3, P4; $0,40 \leq r \leq 0,48$; $0,008 \leq p \leq 0,026$).

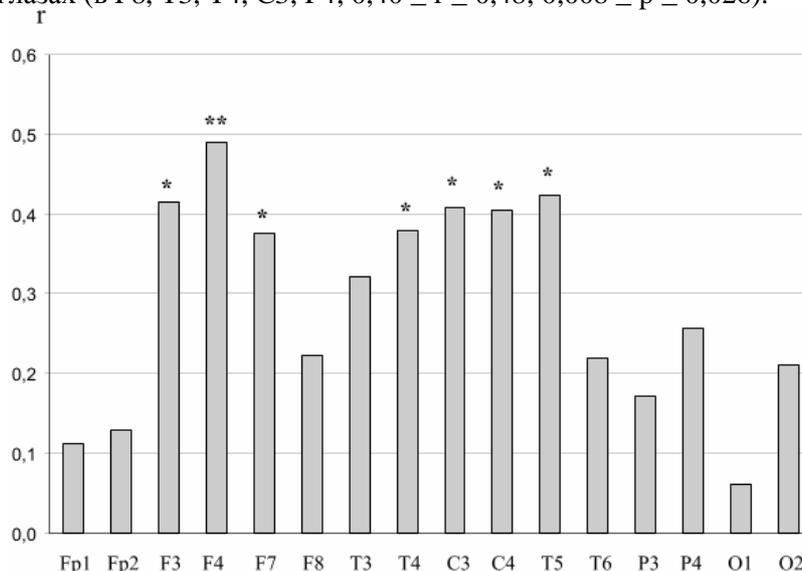


Рис. 3. Значения коэффициентов корреляции (r) показателей по шкале «недоверие к себе», определяемых по тесту «Дом-Дерево-Человек», с величиной модальной частоты альфа3-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Для значений по шкале «чувство неполноценности» были установлены положительные связи с величиной амплитуды альфа1-ритма (в Fp1, F3, F7, F8, T4, P3, O2; $0,37 \leq r \leq 0,51$; $0,004 \leq p \leq 0,041$) и величиной отношения амплитуд альфа1- и тета-ритмов (в Fp1, F4, F8, C3, C4, O2; $0,36 \leq r \leq 0,44$; $0,015 \leq p \leq 0,049$) в ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах. Также для данного психологического показателя были выявлены отрицательные корреляционные связи со значениями модальной частоты альфа2-ритма (рис. 4) и отношения амплитуд бета2- и тета-ритмов (в T5, O1, O2; $-0,39 \leq r \leq -0,43$; $0,018 \leq p \leq 0,035$) в ЭЭГ при открытых глазах.

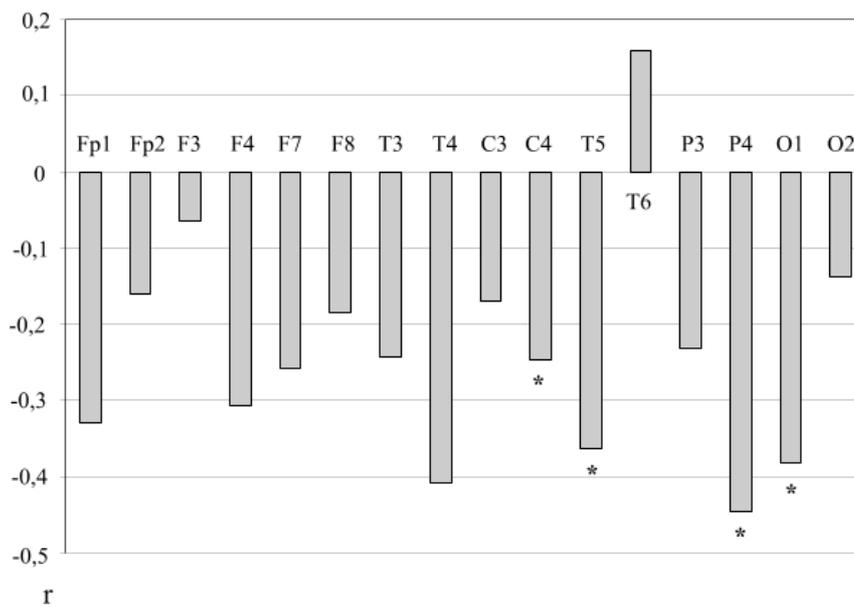


Рис. 4. Значения коэффициентов корреляции (r) показателей по шкале «чувство неполноценности», определяемых по тесту «Дом-Дерево-Человек», с величиной модальной частоты альфа2-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Значения по шкале «враждебность» имели положительные связи с величиной амплитуды дельта-ритма ЭЭГ при открытых глазах (в T5, O1, O2; $0,42 \leq r \leq 0,53$; $0,005 \leq p \leq 0,021$). Для показателей по шкале «фрустрация» были выявлены положительные связи с величинами модальной частоты альфа2-ритма (Fp1, $r = 0,38$, $p = 0,036$; Fp2, $r = 0,42$, $p = 0,022$), модальной частоты альфа3-ритма (T4, $r = 0,39$, $p = 0,035$; T6, $r = 0,48$, $p = 0,007$), отношений амплитуд бета1- и тета-ритмов (Fp2, $r = 0,39$, $p = 0,034$; F7, $r = 0,53$, $p = 0,003$; F8, $r = 0,40$, $p = 0,028$) и бета2- и тета-ритмов (F7, $r = 0,48$, $p = 0,007$; F8, $r = 0,38$, $p = 0,040$) в ЭЭГ при закрытых глазах. Положительная корреляционная связь также была установлена между значениями по шкалам «фрустрация» и «трудности общения» ($r = 0,42$, $p = 0,022$). Значения по шкале «трудности общения» имели положительные связи с величинами модальной частоты альфа2-ритма (F4, $r = 0,44$, $p = 0,015$; F8, $r = 0,41$, $p = 0,023$; P4, $r = 0,36$, $p = 0,049$) и амплитуды бета2-ритма (F7, $r = 0,39$, $p = 0,035$; F8, $r = 0,38$, $p = 0,038$; T4, $r = 0,45$, $p = 0,012$) ЭЭГ в условиях регистрации при открытых глазах. Обратные корреляционные связи были выявлены между показателями по данной шкале и величинами отношения амплитуд альфа1- и тета-ритмов в ЭЭГ при закрытых глазах (F4, P4, O1; $-0,36 \leq r \leq -0,43$; $0,019 \leq p \leq 0,049$) и открытых глазах (рис. 5).

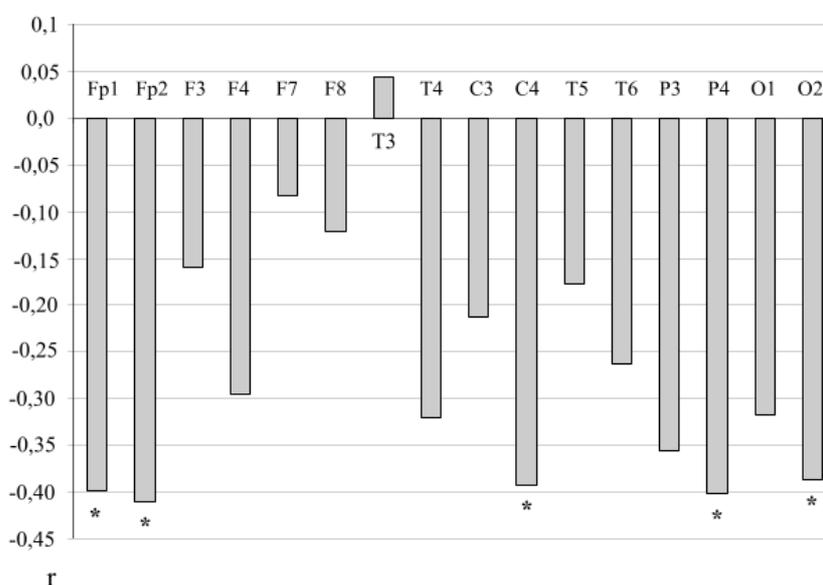


Рис. 5. Значения коэффициентов корреляции (r) показателей по шкале «трудности общения», определяемых по тесту «Дом-Дерево-Человек», с величиной отношения амплитуд альфа1- и тета-ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Значения по шкале «депрессивность» имели положительные корреляционные связи с показателями ЭЭГ при закрытых глазах, а именно с величинами амплитуд альфа3-ритма (Fp1, $r = 0,46$, $p = 0,010$), бета1-ритма (Fp1, $r = 0,45$, $p = 0,013$) и бета2-ритма (Fp1, $r = 0,49$, $p = 0,006$; F3, $r = 0,40$, $p = 0,030$).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что выраженность различных психоэмоциональных проблем у детей 5–9 лет в большей степени коррелирует с параметрами альфа2-, альфа3-, бета1- и бета2-ритмов и в меньшей степени с параметрами медленноволновых компонентов ЭЭГ. Обращает на себя внимание и тот факт, что именно модальная частота альфа2- и альфа3-ритмов, а не их амплитуда, коррелировали со значениями показателей, отражающих неблагоприятные эмоциональные состояния. В большинстве случаев данные корреляционные связи были положительными, т.е. для детей, ЭЭГ которых характеризовалась более высокими значениями модальной частоты упомянутых субкомпонентов альфа-ритма, были свойственны более высокие значения по таким показателям, как явная тревожность, фрустрация, трудности общения и недоверие к себе. В исследовании отражения воспроизведения эмоциональных переживаний в паттерне ЭЭГ у детей 10–11 лет [13] было показано, что значения модальной частоты альфа-ритма при представлении испытуемыми эмоциогенных ситуаций достоверно возрастали практически во всех локусах регистрации 10-канальной ЭЭГ. В литературе также отмечается, что в условиях сосредоточения внимания на эмоционально окрашенных воспоминаниях модальная частота альфа-ритма увеличивается [14, 15]. Исходя из

вышесказанного, можно сделать вывод, что высокие значения модальной частоты альфа-ритма отражают повышенное эмоциональное напряжение у детей 5–9 лет и указывают на возможность использования величины модальной частоты альфа-ритма, особенно альфа2- и альфа3-поддиапазонов, в качестве объективных индикаторов чрезмерной силы переживаемых эмоций у детей данного возраста. Результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что дети с большими амплитудами бета1- и бета2-ритмов в ЭЭГ характеризуются более высокими значениями таких показателей теста «Дом-Дерево-Человек», как незащищенность, трудности общения и депрессивность, а более высокие показатели по шкале «фрустрация» находят отражение в более высоких значениях величин отношения амплитуд бета1- и тета-ритмов и бета2- и тета-ритмов. В исследовании [13] отмечалось, что значения мощностей бета1- и бета2-ритмов, а также их отношений к мощности тета-ритма при мысленном воспроизведении эмоциогенных ситуаций у детей 10–11 лет превышали таковые в пределах фоновой записи ЭЭГ. Работы других авторов также подтверждают наличие тесной связи между величинами мощностей бета-ритма и мысленным воспроизведением эмоциональных состояний [16, 17]. В исследовании [18] было показано, что паттерн ЭЭГ детей 10–11 лет, имеющих повышенный уровень тревожности, характеризуется более высокими значениями спектральной мощности бета2-ритма по сравнению с паттерном ЭЭГ детей с низким уровнем тревожности. Таким образом, можно сделать вывод, что повышенные значения амплитуд бета1- и бета2-ритмов являются электрофизиологическим индикатором неблагоприятного психоэмоционального состояния ребенка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показатели, характеризующие состояние эмоциональной сферы, объективно отражаются в амплитудно-частотных характеристиках ЭЭГ, зарегистрированной в состоянии спокойного бодрствования, у детей 5–9 лет. Выраженность различных неблагоприятных эмоциональных состояний у детей данного возраста в большей степени коррелирует с параметрами альфа2-, альфа3-, бета1- и бета2-ритмов и в меньшей степени с параметрами медленноволновых компонентов ЭЭГ.
2. Повышенные значения модальной частоты альфа2- и альфа3-ритмов у детей 5–9 лет являются ЭЭГ-коррелятами высоких значений таких психологических показателей, как «явная тревожность», «фрустрация», «трудности общения» и «недоверие к себе».
3. Дети с большими амплитудами бета1- и бета2-ритмов ЭЭГ характеризуются более высокими значениями таких показателей, как «незащищенность», «трудности общения» и «депрессивность». Более высоким значениям отношений амплитуд бета1- и тета-ритмов и бета2- и тета-ритмов соответствуют более высокие показатели по шкале «фрустрация».

Работа выполнена при поддержке гранта Республики Крым молодым ученым Крыма в 2015 году.

Список литературы

1. Гордеев С. А. Особенности биоэлектрической активности мозга при высоком уровне тревожности человека / С. А. Гордеев // Физиология человека. – 2007. – № 4. – С. 11–17.
2. Агаджанян Н. А. Физиологические механизмы респираторных феноменов при тревожных и депрессивных расстройствах / Н. А. Агаджанян, П. И. Терехин // Физиология человека. – 2002. – № 3 (28). – С. 112–122.
3. Свидерская Н. Е. Особенности ЭЭГ-признаков тревожности у человека / Н. Е. Свидерская, В. Н. Прудников, А. Г. Антонов // Журнал высшей нервной деятельности. – 2001. – № 2. – С. 158–165.
4. Holmes A. Effects of anxiety on the processing of fearful and happy faces: an event-related potential study / A. Holmes, M. K. Nielsen, S. Green // Biol. Psychol. – 2007. – V. 77, № 2. – P. 159–173.
5. Thibodeau R. Depression, anxiety, and resting frontal EEG asymmetry: a meta-analytic review / R. Thibodeau, R. S. Jorgensen, S. Kim // J. Abnorm. Psychol. – 2006. – V. 115, № 4. – P. 715–729.
6. Костина Л. М. Игровая терапия с тревожными детьми / Костина Л. М. – СПб.: Речь, 2006. – 160 с.
7. Herrman W. M., Winterer G. Electroencephalography in psychiatry-current status and outlook / W. M. Herrman, G. Winterer // Nervenarzt. – 1996. – V. 67, № 5. – P. 348–359.
8. Quantitative EEG correlates of panic disorder / V. J. Knott, D. Bakish, S. Lusk [et al.] // Psychiatry Res. – 1996. – № 1. – P. 31–39.
9. Relationship of genetically transmitted alpha EEG traits to anxiety disorders and alcoholism / M. A. Enoch, J. N. Rohrbaum, E. Z. Davis [et al.] // Amer. J. Med. Genet. – 1995. – V. 60, № 5. – P. 400–409.
10. Relaxation-induced EEG alteration in panic disorder patients / V. Knott, D. Bakish, S. Lusk [et al.] // J. Anxiety disord. – 1997. – № 4. – P. 365–376.
11. Прихожан А. М. Психология сиротства 2-е изд. / А. М. Прихожан, Н. Н. Толстых – СПб.: Питер, 2005. – 400 с.
12. Беляускайте Р. Рисуночные пробы как средство диагностики развития личности ребенка / Р. Беляускайте // Диагностическая и коррекционная работа школьного психолога. – М. : АПН СССР, 1987. – С. 67–74.
13. Алиева Т. А. Отражение воспроизведения эмоциональных переживаний в паттерне ЭЭГ у детей 10–11 лет / Т. А. Алиева, Е. В. Эйсмонт, В. Б. Павленко // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2011. – Т. 43, № 4 – С. 380–382.
14. Костюнина М. Б. Частотные характеристики спектров ЭЭГ при эмоциях / М. Б. Костюнина, М. А. Куликов // Журн. высш. нерв. деятельности. – 1995. – Т. 45, № 3. – С. 453–457.
15. Ray W. L. EEG alpha activity reflects attentional demands and beta activity reflects emotional and cognitive processes / W. L. Ray, H. W. Cole // Science. – 1985. – V. 228, № 4700. – P. 750–752.
16. Сидорова О. А. Электроэнцефалографические и вегетативные корреляты мысленного воспроизведения эмоциональных состояний / О. А. Сидорова, М. Б. Костюнина, М. А. Куликов // Журнал высшей нервной деятельности. – 1991. – Т. 41, № 5. – С. 897–898.
17. Русалова М. Н. Частотно-амплитудные характеристики левого и правого полушарий при мысленном воспроизведении эмоционально окрашенных образов / М. Н. Русалова, М. Б. Костюнина // Физиология человека. – 1999. – Т. 25, № 5. – С. 50–56.
18. Эйсмонт Е. Оценка и коррекция тревожности у детей и подростков: ЭЭГ-исследование и нейротерапия / Эйсмонт Е., Луцок Н., Павленко В.– Saarbrucken (Germany) : LAP Lambert Academic Publishing, 2011 – 144 с.

EEG CORRELATES OF THE CURRENT EMOTIONAL STATE IN THE CHILDREN AGED 5–9 YEARS

Eismont E. V., Bakunova A. V., Kaida A. I.

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

E-mail: evgenija.eismont@mail.ru

The study involved 30 practically healthy children aged 5–9 years. The EEG (16 channels) activity was recorded during the eyes-closed and eyes-open resting conditions. The emotional state was evaluated with the Manifest Anxiety Scale (The Children's Form of the Manifest Anxiety Scale – CMAS, adapted by A. M. Prikhozhan) and the House-Tree-Person projective test (HTP). The obtained results suggest that the indicators of the emotional state in the children of the studied age are objectively reflected in the amplitude-frequency characteristics of the EEG. The intensity of different negative emotional states correlated predominantly with the parameters of alpha2-, alpha3-, beta1- and beta2-rhythms, and to a lesser extent with the parameters of the EEG slow-wave components. Of note is the observation that only the modal frequency of alpha2- and alpha3- rhythms, but not their amplitudes correlated with the indices reflecting the adverse emotional states. In most cases, these correlations were positive, which means that the children whose EEG was characterized by higher modal frequencies of alpha2- and alpha3- rhythms were characterized by higher indices of «obvious anxiety» diagnosed by CMAS, «frustration», «communication difficulties» and «self-distrust» evaluated with the help of the HTP test. Children having larger amplitudes of beta1- and beta2-rhythms, were characterized by higher scores in «vulnerability», «communication difficulties» and «depression». The higher scores in «frustration» were accompanied with the higher amplitude ratios of beta1- to theta- and beta2- to theta-rhythms.

Keywords: emotional state, electroencephalogram, children.

References

1. Gordeev S. A., Osobennosti bioelektricheskoy aktivnosti mozga pri vyisokom urovne trevozhnosti cheloveka, *Fiziologiya cheloveka*, **4**, 11. (2007).
2. Agadzhanian N. A., Terehin P. I., Fiziologicheskie mehanizmyi respiratornyih fenomenov pri trevozhnyih i depressivnyih rasstroystvah, *Fiziologiya cheloveka*, **3 (28)**, 112 (2002).
3. Sviderskaya N. E., Prudnikov V. N., Antonov A. G., Osobennosti EEG-priznakov trevozhnosti u cheloveka, *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti*, **2**, 158 (2001).
4. Holmes A., Nielsen M. K., Green S. Effects of anxiety on the processing of fearful and happy faces: an event-related potential study, *Biol. Psychol.*, **77**, **2**, 159 (2007).
5. Thibodeau R., Jorgensen R. S., Kim S. Depression, anxiety, and resting frontal EEG asymmetry: a meta-analytic review, *J. Abnorm. Psychol.*, **115**, **4**, 715. (2006).
6. Kostina L. M. *Igrovaya terapiya s trevozhnyimi detmi*, 160 p. (SPb.: Rech, 2006).
7. Herrman W. M., Winterer G. Electroencephalography in psychiatry-current status and outlook, *Nervenarzt.*, **67**, **5**, 348 (1996).
8. Knott V. J., Bakish D., Lusk S. [et al.] Quantitative EEG correlates of panic disorder, *Psychiatry Res.*, **1**, 31 (1996).
9. Enoch M. A., Rohrbam J. N., Davis E. Z. [et al.] Relationship of genetically transmitted alpha EEG traits to anxiety disorders and alcoholism, *Amer. J. Med. Genet.*, **60**, **5**, 400 (1995).

10. Knott V., Bakish D., Lusk S. [et al.] Relaxation-induced EEG alteration in panic disorder patients, *J. Anxietydisord.*, **4**, 365 (1997).
11. Prihozhan A. M., Tolstih N. N. *Psihologiya sirotstva*, 400 p. (SPb .: Peter, 2005).
12. Belyauskayte R. Risunochnyie probyi kak sredstvo diagnostiki razvitiya lichnosti rebenka, *Diagnosticheskaya i korrektsionnaya rabota shkolnogo psihologa.*, 67–74 pp. (M. : APN SSSR, 1987).
13. Alieva T. A., Eysmont E. V., Pavlenko V. B. Otrazhenie vosproizvedeniya emotsionalnyih perezhivaniy v patterne EEG u detey 10–11 let, *Neyrofiziologiya/Neurophysiology.*, **43**, **4**, 380 (2011).
14. Kostyunina M. B., Kulikov M. A., Chastotnyie harakteristiki spektrov EEG pri emotsiyah, *Zhurn. vyssh. nerv. deyatelnosti.*, **45**, **3**, 453 (1995).
15. Ray W. L., Cole H. W. EEG alpha activity reflects attentional demands and beta activity reflects emotional and cognitive processes, *Science*, **228**, **4700**, 750 (1985).
16. Sidorova O. A., M. B. Kostyunina, M. A. Kulikov Elektroentsefalograficheskie i vegetativnyie korrelyatyi myslennogo vosproizvedeniya emotsionalnyih sostoyaniy, *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti.*, **41**, **5**, 897 (1991).
17. Rusalova M. N., Kostyunina M. B. Chastotno-amplitudnyie harakteristiki levogo i pravogo polushariy pri myslennom vosproizvedenii emotsionalno okrashennyih obrazov, *Fiziologiya cheloveka.*, **25**, **5**, 50 (1999).
18. Eismont E., Lutsyuk N., Pavlenko V. Otsenka i korrektsiya trevozhnosti u detey i podrostkov: EEG-issledovanie i neyrotterapiya, 144 p. (Saarbrucken (Germany) : LAP Lambert Academic Publishing, 2011).

УДК 633/635:58

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕЛЕНА И СЕЛЕНИТА НАТРИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ

Юркова И. Н., Омельченко А. В.

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

В работе исследовано стимулирующее действие наночастиц селена и селенита натрия на рост и развитие растений пшеницы. Показано, что наночастицы селена и селенита натрия увеличивали энергию прорастания и всхожесть семян, а также накопление биомассы корней и надземной части проростков. Максимальная стимуляция накопления биомассы проростков отмечалась после обработки семян наночастицами селена. Установлено, что стимуляция накопления сухого вещества корней была значительно выше в вариантах с наночастицами селена, чем селенитом натрия, и составляла 13,0–16,1 % и 6,9–10,3 % соответственно.

Ключевые слова: наночастицы, селен, селенит натрия, пшеница, рост и развитие.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия резко возрос интерес к селену – важнейшему микроэлементу, который наряду с витаминами А, Е и С входит в состав антиоксидантно-антирадикальной системы защиты организма [1, 2]. Многие регионы России и стран ближнего зарубежья характеризуются низким содержанием селена в окружающей среде. Основными путями поступления селена в организм являются продукты растительного происхождения, в которых селен содержится в наиболее доступной форме селенметионина.

Использование неорганических форм селена (селенит- и селенат-ионов) может вызывать негативные явления, связанные с их высокой токсичностью, что предопределяет поиск других производных селена. В отличие от ионных форм наноразмерный селен менее токсичен и обладает повышенной биодоступностью, причем он не только предотвращает, но и приостанавливает развитие злокачественных опухолей. Установлено, что селен участвует в реакциях образования хлорофилла, синтезе трикарбоновых кислот, а также в метаболизме высокомолекулярных жирных кислот. Он присутствует в ряде окислительно-восстановительных ферментов вместе с железом и молибденом или один в качестве кофактора [3].

Исследованиями последних лет показана важная роль селена в регуляции жизнедеятельности растений [4, 5]. Наиболее перспективным является применение в растениеводстве нанопрепаратов [6–8]. Наночастицы воздействуют на биологические объекты на клеточном уровне, внося свою избыточную энергию,

повышающую эффективность протекающих в растениях процессов, т.е. являются биоактивными. Они генерируют ионы и электроны, которые быстро включаются в биохимические процессы в момент их образования [9]. Таким образом, в отличие от ионных форм наночастицы менее токсичны и обладают пролонгированным действием, что способствует повышению поглощения минеральных веществ, углеводного обмена, фотосинтеза и дыхания клеток.

Однако большинство работ связано с исследованием накопления селена в растениях с точки зрения возможности обогащения этим элементом человека и животных для лечения и профилактики селенодефицита [10]. Остается недостаточно изученным влияние различных форм селена и способов обработки на рост и развитие культурных растений.

Целью настоящей работы было исследование влияния предпосевной обработки семян пшеницы (*Triticum aestivum* L.) растворами наночастиц селена и селенита натрия на рост и развитие растений пшеницы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами для проведения исследований служили семена озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Подолька, селенистокислый натрий «ч.д.а.» и разработанная ранее водорастворимая нанобиокомпозиция селена [11]. Синтез наночастиц селена осуществляли путем восстановления селенистокислого натрия L-цистеином и стабилизацией альгинатом натрия (натриевая соль альгиновой кислоты, BioChemika). Альгинат натрия не только позволяет получать водорастворимую композицию наночастиц селена, длительно сохраняющую свою стабильность, но и обладает широким спектром биологической активности [12]. Такой метод синтеза можно отнести к «зеленой нанохимии».

В работе исследовали влияние различных концентраций наночастиц селена и селенита натрия на энергию прорастания и всхожесть семян, а также прирост биомассы корней и надземной части проростков.

Для этого семена замачивали в растворах наноселена или селенита натрия с концентрацией 10,0; 20,0; 30,0; 40,0 и 50,0 мг/дм³ (по селену) в течение 4-х часов, а затем помещали на влажную фильтровальную бумагу в чашки Петри и проращивали в термостате при температуре 24 °С в течение 3 суток. После этого проростки переносили в сосуды с питательным раствором Кнопа. Энергию прорастания и всхожесть семян определяли на 3 и 7 сутки соответственно [13]. Биомассу проростков корней и надземной части измеряли гравиметрическим методом на 10 сутки, фиксируя растительный материал в течение 5 мин при 110 °С и доводя его до постоянной массы при 60 °С.

Эксперименты проводили в 3-кратной биологической и 6–7-кратной аналитической повторностях. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Г. Ф. Лакину [14], в таблицах и на рисунках представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Стимуляция ростовых процессов наночастицами и ионами биометаллов осуществляется при прорастании семян на ранних этапах онтогенеза, оказывая значительное влияние на дальнейшее развитие проростков, мобилизуя систему антиоксидантной защиты растений в течение онтогенеза [15].

При исследовании влияния наночастиц селена и селенита натрия на энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы была показана стимуляция этих процессов (табл. 1). Показатели энергии прорастания превышали контрольный вариант на 6,5 %, а всхожести – на 5,5 % ($p < 0,05$). Однако более высокие результаты были установлены при обработке семян наноселеном. При этом максимальный эффект обработки семян наночастицами селена отмечался уже при концентрации 10,0 мг/дм³, тогда как после обработки селенитом натрия достоверное увеличение исследуемых показателей – лишь при 40,0–50,0 мг/дм³.

Таблица 1

Влияние наночастиц селена и селенита натрия на прорастание семян пшеницы

Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль	92,3±2,4	94,3±2,0
10,0 мг/л nanoSe	97,7±2,8	99,6±2,9
20,0 мг/л nanoSe	97,8±3,3	99,5±2,7
3,00 мг/л nanoSe	96,2±2,7	98,2±3,0
40,0 мг/л nanoSe	96,4±3,0	99,6±2,7
50,0 мг/л nanoSe	96,1±2,9	99,8±2,8
10,0 мг/л Na ₂ SeO ₃	92,3±3,1	96,5±3,1
20,0 мг/л Na ₂ SeO ₃	92,5±3,2	94,1±2,9
30,0 мг/л Na ₂ SeO ₃	92,1±2,7	96,3±3,0
40,0 мг/л Na ₂ SeO ₃	96,2±3,4	98,2±3,0
50,0 мг/л Na ₂ SeO ₃	96,3±3,3	98,4±3,2

Предпосевная обработка семян пшеницы наночастицами селена также приводила к стимуляции накопления биомассы корней и надземной части проростков (рис. 1, табл. 2). Однако более высокий стимулирующий эффект наночастицы селена оказывали на прирост массы сухого вещества корней по сравнению с надземной частью. При замачивании семян в растворе наночастиц селена увеличение массы сухого вещества корней наблюдалось во всем интервале исследуемых концентраций. При этом максимальный эффект оказывал наноселен в концентрации 10,0–30,0 мг/дм³. При этом накопление биомассы увеличивалось на 13,0–16,1 % по сравнению с контролем ($p < 0,01$).

Максимальное увеличение накопления биомассы надземной части наблюдалось при более высоких концентрациях наночастиц селена (20,0–30,0 мг/дм³) и соответствовало 5,9–9,8 % ($p < 0,05$).

На начальном этапе взаимодействия наночастиц селена с семенами происходит их адгезия на поверхности, а в дальнейшем наночастицы проникают через семенную оболочку в глубь семени. Можно предположить, что в результате этого процесса в клетках корней селен накапливается в большем количестве, чем в надземной части, что можно объяснить барьерной функцией корневой системы [16].



Рис. 1. Внешний вид 10-дневных проростков пшеницы после обработки семян наночастицами селена: а – контроль; б – 10,0 мг/л; в – 20,0 мг/л; г – 30,0 мг/л; д – 40,0 мг/л; е – 50,0 мг/л.

Таблица 2
Влияние наночастиц селена на накопление биомассы 10-дневных проростков пшеницы, выращенных в водной культуре

Вариант опыта	Накопление биомассы			
	Масса сухого вещества корней, мг	Масса сухого вещества надземной части, мг	Масса сухого вещества корней, %	Масса сухого вещества надземной части, %
контроль	4,52±0,17	11,86±0,48	100,0	100,0
10,0 мг/л	5,13±0,21	12,32±0,47	115,0	105,9
20,0 мг/л	5,18±0,20	12,77±0,53	116,1	109,8
30,0 мг/л	5,07±0,15	12,73±0,51	113,0	107,3
40,0 мг/л	5,04±0,17	12,18±0,49	112,1	104,7
50,0 мг/л	4,63±0,15	11,41±0,47	103,8	98,1

Исследование влияния селенита натрия на накопление биомассы корней и надземной части показало, что стимулирующий эффект проявлялся при более высоких концентрациях селена по сравнению с наночастицами (рис. 2, табл. 3).

При этом стимуляция накопления сухого вещества корней после обработки семян наночастицами селена была значительно выше, чем в случае применения селенита натрия.

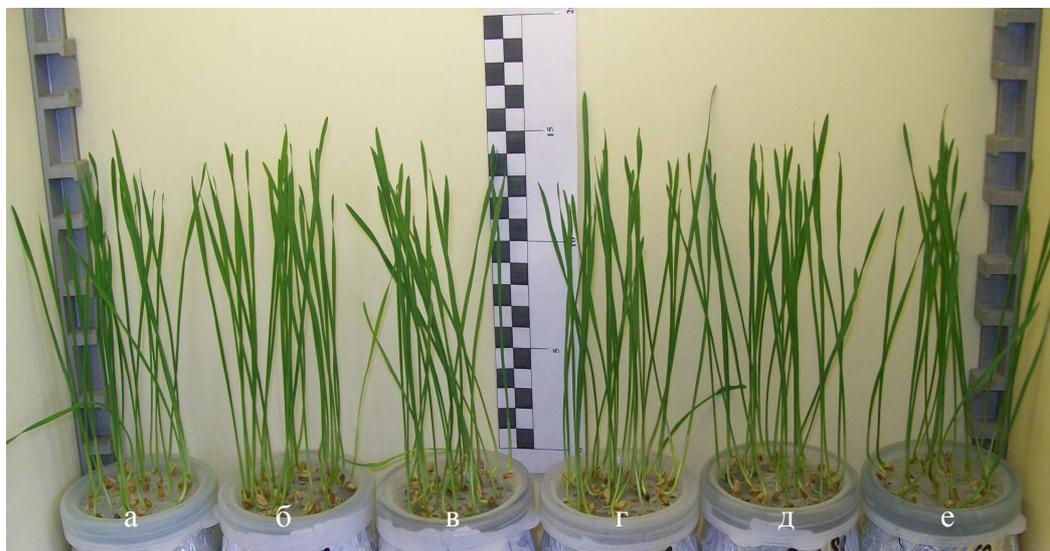


Рис. 2. Внешний вид 10-дневных проростков пшеницы после обработки семян селенитом натрия: а – контроль; б – 10,0 мг/л; в – 20,0 мг/л; г – 30,0 мг/л; д – 40,0 мг/л; е – 50,0 мг/л.

Таблица 3

Влияние селенита натрия на накопление биомассы 10-дневных проростков пшеницы, выращенных в водной культуре

Вариант опыта	Накопление биомассы			
	Масса сухого вещества корней, мг	Масса сухого вещества надземной части, мг	Масса сухого вещества корней, %	Масса сухого вещества надземной части, %
контроль	4,41±0,11	11,41±0,38	100,0	100,0
10,0 мг/л	4,38±0,09	12,04±0,41	98,2	103,5
20,0 мг/л	4,71±0,10	12,01±0,37	106,9	105,3
30,0 мг/л	4,86±0,12	12,56±0,40	110,3	107,9
40,0 мг/л	4,79±0,10	12,62±0,32	107,4	108,5
50,0 мг/л	4,58±0,09	12,16±0,29	102,7	104,5

Максимальная величина прироста биомассы надземной части проростков после обработки семян наночастицами селена и селенитом натрия отличалась незначительно.

Таким образом, водорастворимая нанобиокомпозиция селена может быть использована при обработке семян пшеницы в качестве стимулятора ростовой активности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые исследовано влияние нанобиокомпозиции на основе селена на рост и развитие растений пшеницы.
2. Показано, что наночастицы селена и селенита натрия увеличивали энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы.
3. Установлено, что стимуляция накопления сухого вещества корней после обработки семян наночастицами селена была значительно выше, чем в случае применения селенита натрия.

Список литературы

1. Барабой В. А. Биологические функции, метаболизм и механизм действия селена / В. А. Барабой // Успехи современной биологии. – 2004. – № 2. – С. 157–168.
2. Ребров В. Г. Витамины, макро- и микроэлементы / В. Г. Ребров, О. А. Громова. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2008. – 304 с.
3. Селен. Некоторые аспекты химии, экологии и участия в развитии патологии (обзор) / В.В. Вапиров, М. Э. Шубина, Н. В. Вапирова [и др.]. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2000. – 68 с.
4. Ловкова М. Я. Лекарственные растения – концентраты селена. Перспективы расширения спектра использования / М. Я. Левкова, С. М. Соколова, Г. Н. Бузук // Доклады Академии наук. – 2008. – Т. 418, № 5. – С. 709–711.
5. Кашин В. К. Биологическое действие и накопление селена в пшенице в условиях селенодефицитной биогеохимической провинции / В. К. Кашин, О. И. Шубина // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – № 19. – С. 151–156.
6. Федоренко В. Ф. Направления использования нанотехнологий и наноматериалов в АПК и задачи информационного обеспечения их развития / В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, И. Г. Голубев // Нанотехнологии – производству. – 2006. – С. 409–413.
7. Коваленко Л. В. Активация прорастания семян ультрадисперсными порошками железа / Л. В. Коваленко, Г. Э. Фолманис // Достижения науки и техники АПК. – 2001. – № 9. – С. 7–8.
8. Пролонгированное воздействие ультрадисперсных порошков металлов на семена злаковых культур / В. Н. Селиванов, Е. В. Зорин, Е. Н. Сидорова [и др.] // Перспективные материалы. – 2001. – № 4. – С. 66–69.
9. Разработка и проведение экспериментальной оценки эффективности применения в растениеводстве новых видов удобрений, полученных с использованием нанотехнологий / Н. П. Егоров, О. Д. Шафранов, Д. Н. Егоров [и др.] // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2008, № 6. – С. 94–99.
10. Голубкина Н. А. Аккумуляция селена зерновыми культурами России / Н. А. Голубкина // Доклады Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – № 5. – С. 6–9.
11. Пат. 84626 МПК6 А 61 К 33/38, А 61 К 31/00. Спосіб отримання водорозчинної композиції наночастинок, яка містить наночастишки селену / І. М. Юркова, Е. П. Панова, Д. О. Панов, О. В. Омельченко : заявник і власник Таврійський національний університет ; – № 201305453 ; заявл. 26.04.13 ; опубл. 25.10.13. Бюл. № 20.

12. Физико-химические свойства, физиологическая активность и применение альгинатов и полисахаридов бурых водорослей / Ю. С. Хотимченко, В. В. Ковалев, О. В. Савченко, О. А. Зиганшина // Биология моря. – 2001. – Т. 22, № 3. – С. 151–162.
13. Воскресенская О. Л. Физиология растений: Учебное пособие / О. Л. Воскресенская, Н. П. Грошева, Е. А. Скочилова. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2008. – 148 с.
14. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
15. Таран Н. Ю. Технологія екологічно безпечногo використання нанопрепаратів у адаптивному рослинництві / Н. Ю. Таран, Л. М. Бацманова, К. Г. Лопатько // Фізика живого. – 2011. – Т. 19, № 2. – С. 54–58.
16. Башмаков Д. И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределения тяжелых металлов у высших растений / Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2009. – 236 с.

THE INFLUENCE OF SELENIUM NANOPARTICLES AND SODIUM SELENITE ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF WHEAT

Jurkova I. N., Omel'chenko A. V.

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

Over the last few decades interest in the use of selenium, an essential trace element which is part of the antioxidant defense system, was increased. Recent studies have shown the important role of selenium in the regulation of plant life. Unfortunately, the use of inorganic forms of selenium (selenite and selenate ions) can cause negative effects. This is due to their high toxicity which encourages the search for other derivatives of selenium. The most promising direction is the use of selenium nanopreparations.

The aim of this study was to investigate the effect of pre-sowing seed treatment of wheat with solutions of nanoparticles of selenium and sodium selenite on growth and development of wheat plants.

The objects for the research were the seeds of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties Podolyanka, sodium selenite and previously developed nanobiocomposition of soluble selenium. The paper studied the effect of different concentrations of nanoparticles of selenium and sodium selenite on the vigor and seed germination, growth of roots and above-ground biomass of the wheat seedlings. Seeds were soaked in solutions of sodium selenite or nanoselenium in a concentration of 10,0; 20,0; 30,0; 40,0 and 50,0 mg/dm³ for 4 hours, and then placed on moist filter paper in Petri dishes and were grown in an incubator at 24°C for 3 days. Then, the seedlings were transferred into vessels with Knop's solution. Vigor and seed germination was determined after 3 and 7 days. Biomass of seedling roots and the aerial part was measured by gravimetric method after 10 days.

We have investigated the stimulatory effect of nanoparticles of selenium and sodium selenite on growth and development of wheat plants. It has been shown that nanoparticles of selenium and sodium selenite increased vigor and seed germination, biomass accumulation of roots and aerial parts of seedlings. Maximum stimulation of seedling biomass accumulation was observed after treatment of seeds with selenium nanoparticles. It was found that stimulation of the accumulation of dry matter of the roots was significantly higher in comparison with control in the group of plants treated with

selenium nanoparticles than in the group treated with sodium selenite and was between 13,0–16,1 % and 6,9–10,3 % respectively.

Thus, the applied soluble nanobiocomposition of selenium may be used for treatment of wheat seeds as a growth promoter.

Keywords: nanoparticles, selenium, sodium selenite, wheat, growth and development.

References

1. Baraboy V. A. Biologicheskie funktsii. metabolizm i mekhanizm deystviya selena, *Uspekhi sovremennoy biologii*. **2**, 157–168 (2004).
2. Rebrov V. G., Gromova O. A. *Vitaminy, makro- i mikroelementy* (Moscow, GEOTAR – Media, 2008).
3. Vapirov V. V., Shubina M. E., Vapirova N. V. *Selen. Nekotorye aspekty khimii, ekologii i uchastiya v razvitiy patologii* (Petrozavodsk: PetrGU, 2000).
4. Lovkova M. Ya. Sokolova S. M., Buzuk G. N. Lekarstvennye rasteniya – kontsentratory selena. Perspektivy rasshireniya spektra ispol'zovaniya, *Doklady Akademii nauk*. **418**, (5). 709–711 (2008)
5. Kashin V. K., Shubina O. I. Biologicheskoe deystvie i nakoplenie selena v pshenitse v usloviyakh selenodefitsitnoy biogeokhimicheskoy provintsii, *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. **19**, 151–156 (2011).
6. Fedorenko V. F. Buklagin D. S., Golubev I. G. Napravleniya ispol'zovaniya nanotekhnologiy i nanomaterialov v APK i zadachi informatsionnogo obespecheniya ikh razvitiya, *Nanotekhnologii – proizvodstvu*. 409–413 (2006).
7. Kovalenko L. V., Folmanis G. E. Aktivatsiya prorstaniya semyan ul'tradispersnymi poroshkami zheleza, *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. **9**, 7–8 (2001).
8. Selivanov V. N., Zorin E. V., Sidorova E. N. Prolongirovanoe vozdeystvie ul'tradispersnykh poroshkov metallov na semena zlakovykh kul'tur, *Perspektivnye materialy*. **4**, 66–69 (2001).
9. Egorov N. P., Shafranov O. D., Egorov D. N. Razrabotka i provedenie eksperimental'noy otsenki effektivnosti primeneniya v rastenievodstve novykh vidov udobreniy, poluchennykh s ispol'zovaniem nanotekhnologiy, *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo*. **6**, 94–99 (2008).
10. Golubkina N. A. Akkumulirovanie selena zernovymi kul'turami Rossii, *Doklady Rossiyskoy Akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. **5**, 6–9 (2007).
11. Pat. 84626 MPK6 A 61 K 33/38, A 61 K 31/00. Sposib otrimannya vodorozchinnoy kompozitsii nanochastinok, yaka mistit' nanochastinki selenu / I.M. Yurkova, E.P. Panova, D.O. Panov, O.V. Omel'chenko : zayavnik i vlasnik Tavriys'kiy natsional'niy universitet ; – № 201305453 ; zayavl. 26.04.13 ; publ. 25.10.13. Byul. № 20.
12. Khotimchenko Yu. S., Kovalev V. V., Savchenko O. V., Ziganshina O. A. Fiziko-khimicheskie svoystva, fiziologicheskaya aktivnost' i primeneniye al'ginatov i polisakharidov burykh vodorosley, *Biologiya morya*. **22** (3), 151–162 (2001).
13. Voskresenskaya O. L., Grosheva N. P., Skochilova E. A. *Fiziologiya rasteniy: Uchebnoe posobie* (Yoshkar-Ola, Mar. gos. un-t, 2008).
14. Lakin G. F. *Biometriya* (Moscow, High School, 1990).
15. Taran N. Yu. Tehnologiya ekologichno bezpechnogo vikoristannya nanopreparativ u adaptivnomu roslinnitstvi, *Flzika zhivogo*, **19** (2), 54–58 (2011).
16. Bashmakov D. I., Lukatkin A. S. *Ekologo-fiziologicheskie aspekty akumuliyatsii i raspredeleniya tyazhelykh metallov u vysshikh rasteniy* (Saransk, Izd-vo Mordov. un-ta, 2009).

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Серия «Биология, химия». Том 1 (67). 2015. № 3. С. 107–113.

УДК 663.253.2: 547.477

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРИОКОНЦЕНТРАТОВ И РЕЗЕРВУАРНЫХ ЛИКЁРОВ

Бурда В. Е.¹, Панов Д. А.²

¹*Государственное унитарное предприятие «Садовод», Севастополь, Республика Крым*

²*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*
E-mail: panovda@crimea.edu

В работе проведено исследование изменения физико-химических показателей опытных образцов сусел при трёхступенчатом блочном вымораживании в сравнении с этими показателями в процессе поэтапного приготовления ликёров при загрузках сахара. Ликёры получали на основе игристых виноматериалов тех же опытных сортов винограда, из которых было приготовлено сусло для вымораживания.

Ключевые слова: резервуарный ликёр, криоконцентрат, виноградное сусло, поверхностное натяжение, плотность, относительная вязкость, сахар, виноматериал.

ВВЕДЕНИЕ

В существующих технологиях производства игристых вин используют мистели и ликёры – это сахаросодержащие компоненты, полученные с использованием этилового спирта и тростникового или свекловичного сахара, которые не являются продуктами виноградного происхождения. Использование таких ликеров не всегда улучшает качество шампанских вин [1–3]. Альтернативой данному производству может служить технология, предусматривающая использование концентратов виноградного сусла, полученных в результате вымораживания [4–6]. Низкие температуры не вызывают существенных изменений основных компонентов сусла и в то же время эффективно тормозят биохимические реакции, приводящие к ухудшению его качества. Криоконцентрирование сусла позволяет сохранить натуральный вкус и пищевую ценность исходного виноматериала [7, 8]. Эффективности и целесообразности способов вымораживания виноградного сусла и вина посвящено немало работ, в большинстве своем зарубежных авторов: Degoix M. [9], Mannheim H. C. [10], Monzini A. [11], Troost G. [12] и другие.

Проведённый анализ литературы свидетельствует о том, что технология криоконцентрации в производстве игристых вин ранее не проводилась. Имеются отдельные сведения об использовании данной технологии в производстве других типов вин, но они носят несистемный характер. Поэтому проведение исследований

по использованию криоконцентратов в производстве игристых вин важно и актуально, так как помимо получения продукции высокого качества позволит расширить её ассортимент.

Данная работа является продолжением исследований по разработке технологий производства игристых вин с использованием криоконцентратов виноградного сусле в качестве резервуарного ликера [13–15]. Целью данного исследования явилось изучение изменения плотности, вязкости и поверхностного натяжения опытных виноградных сусел при трехступенчатом блочном вымораживании в сравнении с их изменением при поэтапном приготовлении ликёров в соответствии с нормативной документацией. Этапы приготовления ликёров соответствовали ступеням вымораживания сусел в соответствии с содержанием сахаров при их вымораживании.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследований для производства криоконцентратов виноградного сусле использовали технические сорта винограда Алиготе и Ркацители и смеси сортов Мускат гамбургский и Италия. Их использование предусмотрено технологическими инструкциями, разработанными на заводе ГУП г. Севастополя «АО ГП «Севастопольский винодельческий завод»» в производстве Мускатных игристых вин. В качестве контроля был выбран тиражный (резервуарный) ликер, приготовленный путем поэтапной загрузки и растворения сахара в виноматериалах, произведенных в соответствии с ТУ ДСТУ 4804:2007 из сусле опытных сортов винограда. Для объективности исследований и научного обоснования получения криоконцентрата при помощи трёхступенчатого вымораживания и использования его в качестве тиражного (резервуарного) ликёра при производстве игристых вин нами были проведены исследования по установлению влияния криовоздействия на различные показатели качества виноградного сусле (массовая концентрация сахаров, фенольных веществ, плотность, относительная вязкость, поверхностное натяжение, органолептическая оценка). Выбор данных показателей виноградного сусле обусловлен степенью их влияния на качество готовых игристых вин. Параллельно при поэтапном приготовлении ликеров также определялись эти показатели.

Основные компоненты химического состава виноматериалов – объемную долю этилового спирта; массовую концентрацию сахаров, фенольных соединений, а также органолептический анализ вин – проводили по методикам действующих национальных (ГОСТ Р) и межгосударственных стандартов (ГОСТ).

Определение плотности растворов проводилось пикнометрически при температуре 20 °С (ГОСТ 22524-77). Измерение вязкости проводили вискозиметрическим методом на вискозиметре ВПЖ-2 со стеклянным капилляром диаметром 0,56 и 0,73 мм, время истечения растворов фиксировали секундомером. Поверхностное натяжение сусле измеряли сталагмометром со стеклянным капилляром диаметром 0,56 и 0,73 мм. Органолептический анализ криоконцентратов и ликёров проводили по ГОСТ 32051-2013. Трёхступенчатое блочное вымораживание виноградного сусле осуществляли на государственном предприятии «Севастопольский винодельческий завод» на разработанной полупроизводственной установке, состоящей из трех последовательно

соединенных емкостей с рубашками охлаждения. Отделение жидкой фазы (криоконцентрата) от льда проводили гравитационным сепарированием.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивалась проведением опытов не менее трёх раз с последующей обработкой полученных данных методами математической статистики. В качестве программного обеспечения использовали MS Office Excel и Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Массовая концентрация сахаров является одним из важнейших показателей виноградного суслу. Сахара в нем представлены в основном глюкозой и фруктозой и в небольших количествах сахарозой. Поэтому вымораживание виноградного суслу и поэтапное приготовление ликеров проводилось с целью концентрирования водного раствора сахаров. Учитывая, что в состав ликеров входят сахар и спирт, нами для определения влияния этих компонентов на показатели поверхностного натяжения, плотности и вязкости ликеров были приготовлены модельные двух-, трехкомпонентные системы с различным содержанием спирта и сахара. Для приготовления водно-спиртовой смеси использовали винный дистиллят с известной объемной долей спирта. В таблице 1 представлены результаты определения ранее указанных показателей в водно-сахарной, водно-спиртовой и водно-сахаро-спиртовой смесях.

Таблица 1

Изменение вязкости и поверхностного натяжения от содержания сахара и этилового спирта в воде

Массовая концентрация сахара, г/дм ³	Объемная доля этилового спирта, %	Плотность, ρ, г/см ³	Поверхностное натяжение, σ*10 ⁻³ , Н/м	Относительная вязкость, η, отн.
Раствор сахара в воде				
150	-	1,06	68,85	1,65
190	-	1,08	67,01	1,92
263	-	1,13	63,66	3,03
300	-	1,14	63,66	3,57
400	-	1,18	62,87	5,99
Раствор спирта в воде				
-	5,9	0,991	56,58	
-	8,8	0,987	51,96	
-	17,7	0,977	43,16	
-	35,4	0,930	32,23	
Раствор сахара и спирта в воде				
150	4,4	1,07	51,53	1,95
150	8,8	1,06	44,97	2,31
150	17,7	1,04	38,05	2,93
150	35,4	1,01	30,16	4,22

В таблице 2 приведена сравнительная характеристика некоторых физико-химических показателей криоконцентратов, полученных в результате трехступенчатого вымораживания виноградных сусел, и поэтапного приготовления ликеров.

Таблица 2

Сравнительная характеристика физико-химических показателей криоконцентратов и ликёров

Показатели	Криоконцентрат			Ликёр		
	Ркацители	Алиготе	Смесь столовых сортов	Ркацители	Алиготе	Смесь столовых сортов
Объёмная доля этилового спирта, %	–	–	–	6,59	6,25	7,21
Массовая концентрация сахаров, г/дм ³	392	388	398	399	380	400
Относительная вязкость	5,06	8,05	7,63	5,63	4,66	5,54
Плотность, г/см ³	2,186	2,166	2,171	1,148	1,125	1,142
Поверхностное натяжение, (10 ⁻³ Н/м)	29,56	35,43	22,55	41,74	42,09	40,42
Массовая концентрация фенольных веществ, мг/дм ³	324	342	356	170	175	180
Сумма терпеновых спиртов, мг/дм ³	4,09	4,73	4,44	0,71	0,75	0,9
Органолептическая оценка, балл	8,0	7,9	7,8	7,3	7,6	7,1

Согласно табличным данным при трехступенчатом вымораживании и трёхэтапной загрузке сахара содержание его составляет 380–400 г/см³. Кроме того, в ликёре содержится спирт в объёмных долях от 6,25 до 7,21, а в криоконцентрате спирт отсутствует. Используя предыдущие исследования, следовало бы ожидать увеличение плотности и вязкости и значительного снижения поверхностного натяжения в ликёрах по сравнению с криоконцентратом. Однако при сравнительно одинаковом содержании сахаров у вымороженных виноградных сусел величина плотности выше, чем у ликёров почти в два раза. Из анализа вышеприведенных данных видно, что вязкость готовых криоконцентратов виноградного сусла Алиготе

и смеси столовых сортов выше в полтора раза, а для криоконцентрата из Ркацители меньше на 0,57, чем в ликёре. Сравнительный анализ показателей поверхностного натяжения при вымораживании и поэтапном приготовлении ликёров показал, что в криоконцентратах он в 1,5–2 раза ниже, чем в ликёрах, при равном содержании сахаров. Это можно объяснить тем, что при вымораживании кроме сахаров концентрируются фенольные и терпеновые вещества.

Качество полученных криоконцентратов по органолептическим показателям было оценено высоко:

- криоконцентрат виноградного сусла из сорта Алиготе – прозрачный, с небольшой опалесценцией, цвет золотистый, аромат яркий, с цветочными тонами, маслянистый во вкусе, округлый (7,9 баллов);

- криоконцентрат виноградного сусла из сорта Ркацители – прозрачный, цвет золотистый, яркий, развитый, сортовой аромат с медовыми тонами, маслянистый во вкусе, округлый (8,0 баллов);

- криоконцентрат виноградного сусла из смеси столовых сортов – прозрачный, с опалесценцией, цвет розовый с тонким мускатным ароматом, вкус простой, недостаточно полный (7,8 баллов).

В качестве контроля были использованы сортовые тиражные (резевуарные) ликёры, приготовленные на основе сортовых виноматериалов (Табл. 2). Ликёры представляли собой вязкую массу без осадка и имели следующие оценки: Алиготе – 7,6 балла, Ркацители – 7,3 балла, из смеси столовых сортов – 7,1 балла. Органолептический анализ опытных и контрольных образцов показал, что наиболее высоким качеством отличался криоконцентрат из обработанного виноградного сусла сорта Ркацители.

Таким образом, внесение криоконцентратов в виноматериал будет приводить к улучшению игристых и пенистых свойств игристого вина и повышению его органолептических показателей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определено, что в процессе трехступенчатого вымораживания виноградного сусла в 1,5–2,0 раза увеличивается плотность и вязкость, а также в 1,5 раза уменьшается поверхностное натяжение криоконцентратов по сравнению с ликерами, приготовленными по традиционной технологии.
2. Качество и пищевая ценность криоконцентратов подтверждается более высокой дегустационной оценкой (от 7,8 до 8,0 баллов) по сравнению с ликёрами (от 7,1 до 7,6 баллов).

Список литературы

1. Авакянц С. П. Биохимические основы технологии шампанского / Авакянц С. П. – М. : Изд-во «Пищ. пром-сть», 1980. – 352 с.
2. Агабальянц Г. Г. Избранные работы по химии и технологии вина, шампанского и коньяка / Агабальянц Г. Г. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 614 с.
3. Косюра В. Т. Игристые вина. История, современность и основные направления производства / Косюра В. Т. – Краснодар: ООО «Просвещение Юг», 2006. – 504 с.

4. Бурдо О. Г. Обобщение результатов экспериментальных данных по процессам блочного вымораживания столовых сухих вин / О. Г. Бурдо, О. В. Радионова, Л. А. Осипова // Наукові праці ОНАХТ, Вип. 28. – Т.2. – Одеса: 2006. – С. 58–66.
5. Зеленская М. И. Сравнительные исследования изменения химического состава виноградного сока при концентрировании выпариванием и вымораживанием / М. И. Зеленская, Г. Н. Гасюк // Труды Молдавского ВИИПП: Издательство «Картя Молдавеняскэ», Кишинев, 1968. – Т. VIII. – С. 124–132.
6. Багиян Л. В. Совершенствование технологии производства столовых вин с применением криовоздействия. Автореф. дисс. канд. техн. наук./ Багиян Л. В. – Краснодар, 2010. – 24 с.
7. Самсонова А. Н. Фруктовые и овощные соки / А. Н. Самсонова, В. Б. Ушева. – Изд. 2-е. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
8. Буртов О. А. Методы концентрирования соков и вин / О. А. Буртов, Н. И. Разуваев. – М: ЦНИИТЭИ Пищепром, 1971. – 35 с.
9. Degoix M. La cryoconcentration des jus de fruits / M. Degoix // "Rev. pat. Froid". – 1970. – № 836. – P. 73–76.
10. Mannheim H. C. Evaluation of orange aroma Solutions obtained by a new Vacuum stripping method / H. C. Mannheim // Food Technol. – 1967. – V.21, № 3A. – P. 151–155.
11. Monzini A. Etudies on the fruzedrying of frozen concentratod orange juices / A. Monzini, E. Maltini // Bult Instint. froid. – 1969. – V.49, № 4. – P. 123–130.
12. Troost G. Uber nenc Moglichkeiten zur Verbesserung der Weinqualitat / G. Troost // Dtsch. Wein – Ltg. 1970. – V.106, № 20. – P. 518–522.
13. Панова Э. П. Влияние низких температур на физико-химические свойства виноградного сусла / Э. П. Панова, Г. Н. Кацева, В. Е. Бурда // Учёные записки Таврического Национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Том 23 (62), №1. – С. 208–216.
14. Бурда В. Е. Зависимость поверхностного натяжения от содержания поверхностно-активных веществ при трёхступенчатом блочном вымораживании виноградных сусел / В. Е. Бурда // Харчова наука і технологія. – №3 (16), 2011. – С. 58–61.
15. Бурда В. Е. Изменение химического состава ликёра в процессе ступенчатого приготовления / В. Е. Бурда, Д. А. Панов // Учёные записки Таврического Национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Том 25 (64), №2. – С. 219–223.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PHYSIC-CHEMICAL PROPERTIES OF CRYOCONCENTRATES AND RESERVOIR LIQUOR

Burda V. E.¹, Panov D. A.²

¹Government unitary enterprise of "Sadovod", Sevastopol, Crimea

²V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation

E-mail: panovda@crimea.edu

The use of liqueur containing ethanol, cane or beet sugar does not always improve the quality of Champagne Wines. An alternative to this process is a technology, which use the grape must concentrates obtained by freezing which effectively inhibit biochemical reactions. The aim of the work was to study the changes in density, viscosity and surface tension of experienced grape musts after three-stage block frozen out in comparison with the classical methods.

As objects of research for the production of cryoconcentrate grape were used technical grapes "Rkatsiteli" and "Aligote" and mix cultivars "Muscat Hamburg" and "Italy". As a control we used the replicate liqueur (prepared owing to step by step loading and dissolving the sugar in the wine materials) from grape musts of experience cultivars.

Three-stage block freezing of grape must was carried out on the state enterprise "Sevastopol winery".

Analysis model systems (two-, three-component system with different sugar levels and alcohol) showed that the sugar and alcohol both affect on a surface tension and viscosity of the liquor. Upon freezing terpene and phenolic are also concentrated along with sugars.

Keywords: reservoir liqueur, cryoconcentrate, grape must, surface tension, density, relative viscosity, sugar, wine material.

References

1. Avakyants S. P. *Biochemical basis of champagne technology*, 352 p. (Publishing house "Food Industry", Moscow, 1980).
2. Agabalyants G. G. *Selected works on chemistry and technology of wine, champagne and cognac*, 614 p. (Food Industry, Moscow, 1972).
3. Kosyura V. T. *Sparkling wine. History, present, and the main areas of production*, 504 p. (OOO "South Education", Krasnodar, 2006).
4. Burdo O. G., Rodionov O. V. and Osipova L. A. Summary of results of experimental data on the processes of freezing block table dry wines, *Naukovi pratsi*, **28** (2), 58 (2006).
5. Zelenska M. I. and Gasyuk G. N. Comparative studies of changes in the chemical composition of the grape juice during concentration by evaporation and freeze, *Proceedings of the Moldovan VIIPP: "Kartja Moldavenjaskj" Publishing House*, **8**, 124 (1968).
6. Bagiyani L. V. *Improving the technology of table wines with cryotherapy*, 24 p. (Krasnodar, 2010).
7. Samsonov A. N. and Usheva V. B. *Fruit and vegetable juices*, 287 p. (Agropromizdat, Moscow, 1990).
8. Burtov O. A. and Razuvaev N. I. *Methods of concentrating the juice and wine*, 35 p. (CNIITJei Pishheprom, Moscow, 1971).
9. Degoix M. La cryoconcentration des jus de fruits egoix, "*Rev. pat. Froid*", **836**, 73 (1970).
10. Mannheim H. C. Evaluation of orange aroma Solutions obtained by a new Vacuum stripping method, *Food Technol.*, **21** (3A), 151 (1967).
11. Monzini A. and Maltin E. Etudies on the fruzedrying of frozen concentratod orange juices, *Bult Instint. Froid*, **49** (4), 123 (1969).
12. Troost G. Uber nenc Moglichkeiten zur Verbesserung der Weinqualitat, *Dtsch. Wein – Ltg.*, **106** (20), 518, (1970).
13. Panova E. P., Kartseva G. N. and Burda V. E. The effect of low temperatures on physical and chemical properties of grape must, *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. – Series: Biology, Chemistry*, **62** (1), 208 (2010).
14. Burda V. E. Dependence of surface tension on the content of surface-active substances in the three-stage block frozen out of grape musts, *Harchova nauka i tehnologija*, **3** (16), 58 (2011).
15. Burda V. E. and Popov D. A. The chemical composition of liqueur changes in the process of step preparation, *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. – Series: Biology, Chemistry*, **64** (2), 219 (2012).

УДК 546.654+546.657+547.785.51

**СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КООРДИНАЦИОННЫХ
СОЕДИНЕНИЙ ЛАНТАНА(III) И НЕОДИМА(III) С ПРОИЗВОДНЫМИ
2-(1H-БЕНЗИМИДАЗОЛ-1-ИЛ)АЦЕТОГИДРАЗИДА**

Закирова Н. Р., Меметов Д. Р., Сарнит Е. А., Баевский М. Ю.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Россия
E-mail: memetov.d@mail.ru*

Описаны синтез и строение комплексов лантана(III) и неодима(III) на основе производных 2-(1H-бензимидазол-1-ил)ацетогидразида. Состав и строение соединений подтверждены данными термогравиметрического анализа, способ координации производных 2-(1H-бензимидазол-1-ил)ацетогидразида определен по данным инфракрасной спектроскопии.

Ключевые слова: комплексы лантана(III), комплексы неодима(III), бензимидазол, гидразиды, салицилиденгидразоны.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие координационной химии характеризуется интенсивным использованием комплексных соединений металлов с органическими реагентами в растворах для разделения, концентрирования и количественного определения различных элементов. Успешное решение химико-аналитических задач возможно при достаточно полной информации об оптимальных условиях образования комплексов. Явление люминесценции можно использовать как для исследования люминесцирующих комплексов металла с органическими реагентами, так и для определения малых концентраций металла. Люминесцентный метод анализа обеспечивает селективное определение отдельных элементов в смеси и с более низкими пределами обнаружения по сравнению с другими методами анализа [1].

Как для качественного, так и количественного определения элементов групп лантанидов в различных объектах в настоящее время широко используются их комплексные соединения с органическими реагентами. Использование внутримолекулярного переноса энергии в комплексных соединениях позволило разработать ряд чувствительных методов определения индивидуальных редкоземельных элементов (РЗЭ). Наблюдение люминесценции возможно в твердых препаратах, во взвешях осадков комплексов и в растворах комплексов в воде или в органических растворителях. Свет поглощается органическим лигандом и передается на ион лантанида, который и люминесцирует [2]. Комплексообразование РЗЭ с фенолами и их производными внедрено в практику аналитического определения ионов металла. Так, производные салициловой и

сульфосалициловой кислот используются как аналитические реагенты для обнаружения тербия(III), диспрозия(III) и самария(III). Салициловая кислота в смеси с этилендиаминтетрауксусной (ЭДТА) или сульфосалициловая кислота в смеси с ЭДТА используются для определения тербия(III) в водных растворах с пределом обнаружения $7,3 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 10^{-3}$ мкг/мл соответственно [3].

Целью нашей работы является изучение комплексообразования салицилиденгидразонов 2-[2-(α -гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты и 2-(5,6-диметил-1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты с катионами лантана(III) и неодима(III).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Инфракрасные спектры (ИК) зарегистрированы на ИК-Фурье спектрометре Bruker Vertex 70 с приставкой НПВО на кристалле алмаза, разрешение 4 см^{-1} , 20 сканов, диапазон $350\text{--}4500 \text{ см}^{-1}$ (Центр коллективного пользования «Эколого-аналитический центр» Кубанского государственного университета, г. Краснодар).

Спектры ^1H -ЯМР получены на приборе Varian VXR-400 (400 МГц), внутренний стандарт – Me_4Si . Приведены химические сдвиги (δ -шкала) (Институт живых систем Северо-Кавказского федерального университета, г. Ставрополь).

Для проведения дифференциального термического анализа с одновременной термогравиметрией использовался дериватограф NETZSCH STA 409 PC/PG. Исследования проводили в воздушной атмосфере при скорости нагрева $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$. в интервале температур $25\text{--}1000 \text{ }^\circ\text{C}$, тигель – керамический (Центр коллективного пользования «Эколого-аналитический центр» Кубанского государственного университета, г. Краснодар).

1) Методика синтеза салицилиденгидразонов производных 2-(1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты (H_2A , H_2B). В колбу на 100 мл поместили 50 мл этилового спирта и 10 ммоль гидразида, смесь нагревали и перемешивали на магнитной мешалке в течение 10 минут. К полученной суспензии добавили 1,4 г (12 ммоль) (20 % избыток) салицилового альдегида и 2–3 капли уксусной кислоты (катализатор) и продолжали нагрев при перемешивании на магнитной мешалке еще в течение 30 минут. По мере протекания реакции изменялся цвет осадка, реакция протекала гетерогенно. Полученную суспензию оставили на сутки. Полученный гидразон отфильтровали с использованием фильтра Шотта и высушили на воздухе.

2) Методики синтеза координационных соединений лантана(III) и неодима(III) на основе салицилиденгидразонов (H_2A), (H_2B).

а) Методика синтеза комплекса, полученного на основе салицилиденгидразона (H_2B) и $\text{LaCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

В водном этаноле (~50 мл) растворили 320 мг (1,0 ммоль) лиганда (H_2B) при нагревании и перемешивании на магнитной мешалке. Затем внесли 495 мг (1,33 ммоль) кристаллогидрата соли лантана(III) (соотношение металл : лиганд = 2 : 3, металл в двукратном избытке), при добавлении соли наблюдалось растворение органического соединения, реакция протекала гомогенно, нагрев и перемешивание продолжали ~30 мин. При охлаждении раствора из него выделялся осадок, который

выдержали одни сутки под маточным раствором, затем осадок отфильтровали через фильтр Шотта. Масса полученного комплекса составила 350 мг.

б) *Методика синтеза комплекса, полученного на основе салицилиденгидразона (H_2A) и $Nd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$.*

В водном этаноле (~50 мл) растворили 340 мг (1 ммоль) лиганда (H_2A) при нагревании и перемешивании на магнитной мешалке. Затем внесли 590 мг (1,33 ммоль) кристаллогидрата соли неодима(III) (соотношение металл : лиганд = 2 : 3, металл в двукратном избытке), при добавлении соли наблюдалось растворение органического соединения, реакция протекала гомогенно, нагрев и перемешивание продолжали ~30 мин. При охлаждении раствора из него выделялся осадок темно-коричневого цвета, который выдержали одни сутки под маточным раствором, затем осадок отфильтровали через фильтр Шотта. Масса полученного комплекса составила 250 мг.

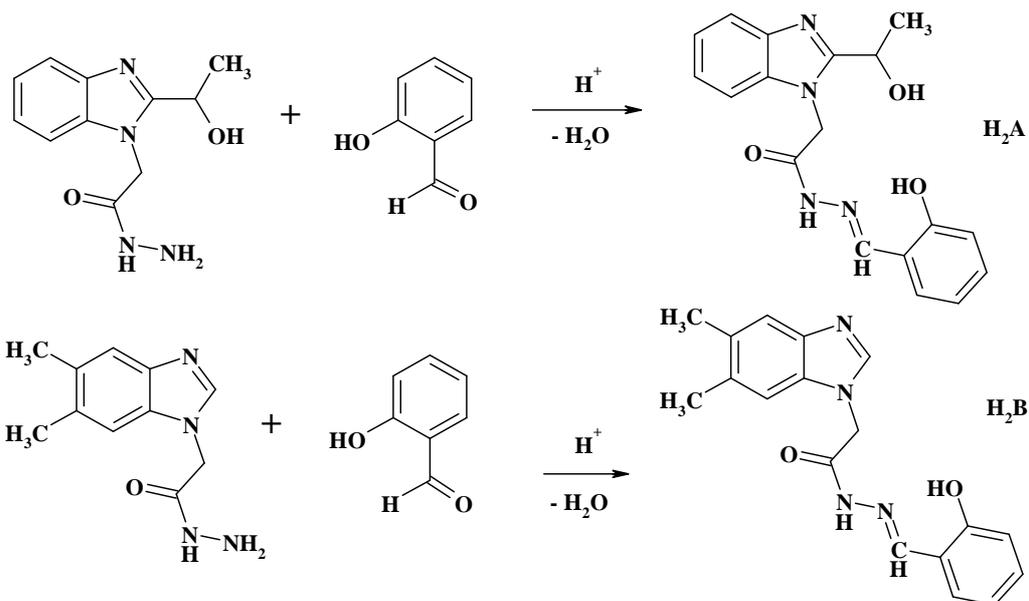
в) *Методика синтеза комплекса, полученного на основе салицилиденгидразона (H_2B) и $Nd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$.*

В водном этаноле (~50 мл) растворили 320 мг (1,0 ммоль) лиганда (H_2B) при нагревании и перемешивании на магнитной мешалке. Затем внесли 590 мг (1,33 ммоль) кристаллогидрата соли неодима(III) (соотношение металл : лиганд = 2 : 3, металл в двукратном избытке), при добавлении соли наблюдалось растворение органического соединения, реакция протекала гетерогенно, нагрев и перемешивание продолжали ~30 мин. При охлаждении раствора из него выделялся осадок светло-зеленого цвета, который выдержали одни сутки под маточным раствором, затем осадок отфильтровали через фильтр Шотта. Масса полученного комплекса составила 520 мг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Салицилиденгидразон 2-[2-(α -гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты (H_2A) получен взаимодействием гидразида 2-[2-(α -гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты (НА) с салициловым альдегидом. Салицилиденгидразон 2-[2-(α -гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты (H_2A) представляет собой мелкокристаллическое вещество кремового цвета. Выход продукта составляет 52 %. ПМР (DMSO- d_6): 4,7 с (2H, $\underline{CH_2}$ -CO); 5,1 м (1H, \underline{CH} -CH₃); 7,45 м (8H, $CH_{аром}$); 7,5 с (3H, \underline{OH} (спирт., фенокс.), NH).

Салицилиденгидразон 2-(5,6-диметил-1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты (H_2B) получен взаимодействием гидразида 2-(5,6-диметил-1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты (НВ) с салициловым альдегидом. Салицилиденгидразон 2-(5,6-диметил-1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты (H_2B) представляет собой аморфное вещество белого цвета. Выход продукта 92 %. ПМР (DMSO- d_6): 2,35 д (6H, CH_3); 5,45 с (2H, $\underline{CH_2}$ -CO); 7–8 м (6H, $CH_{аром}$); 8,33 с (1H, N= \underline{CH}); 10,15 с (2H, OH (фенокс.), NH).



С целью определения способа координации проведен сравнительный анализ инфракрасных спектров поглощения свободного и координированного салицилиденгидразона [4–6]. Данные инфракрасной спектроскопии гидразидов и гидразонов представлены в (Табл. 1). В спектрах гидразидов присутствуют полосы «Амид-I» и «Амид-II» в области 1659 и 1624 см^{-1} (гидразид 2-[2-(α -гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты) и 1676 и 1628 см^{-1} (гидразид 2-(5,6-диметил-1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты).

При комплексообразовании салицилиденгидразонов с катионами металлов происходит переход ацилгидразонов (I) в депротонированную оксиазинную форму (II): в ИК спектрах внутрикомплексных соединений пропадают полосы комбинированных колебаний «Амид-I» и «Амид-II» и появляются две новые, отвечающие колебаниям группировок $>\text{C}=\text{N}-\text{N}=\text{C}<$ (1691 и 1685 см^{-1}) и $-\text{C}(\text{O})=\text{N}-$ (1612 и 1610 см^{-1}) для салицилиденгидразона 2-[2-(α -гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты и салицилиденгидразона 2-(5,6-диметил-1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты соответственно, что подтверждает переход ацилгидразона в данную форму (Табл. 2).

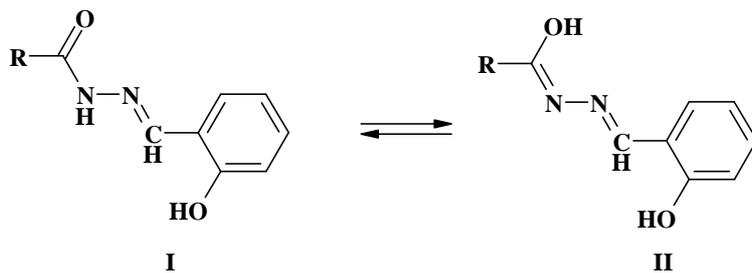


Таблица 1

Данные ИК спектроскопии ($\bar{\nu}$ max, см⁻¹) гидразидов и салицилиденгидразонов на их основе

Соединение	$\nu(-OH)$	$\nu_{as}(-NH_2)$	$\nu_s(-NH_2)$	$\nu (>NH)$	$\nu_{as}(-CH_3)$	$\nu_s(-CH_3)$
HA	3500 (сл.)	3302	3059	3050	2950	2935
HB	–	3339	3087	3037	2968	2939
H ₂ A	3520 (сл.)	–	–	3060	2980	2860
H ₂ B	3540 (сл.)	–	–	3060	2964	2854

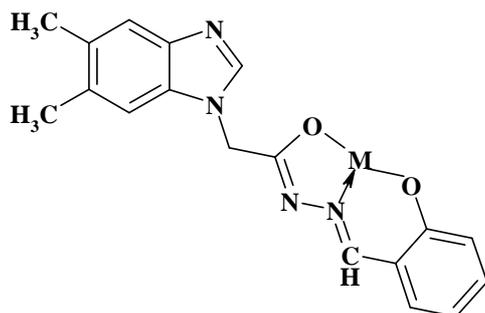
Соединение	$\nu (>CH-)$	«Амид-I»	«Амид-II»	$\nu(C-O)$ фенокс.	$\nu(C-O)$ вт. спирт
HA	2900–2880 (ш.)	1659	1624	–	1032
HB	2922	1676	1628	–	–
H ₂ A	2900–2880 (ш.)	1678	1622	1281	1061
H ₂ B	2937	1682	1610	1290	–

Таблица 2

Основные полосы поглощения ($\bar{\nu}$ max, см⁻¹) в инфракрасных спектрах салицилиденгидразонов и комплексах на их основе

Соединение	$\nu(-OH)$	«Амид-I»	«Амид-II»	ν (C-O) фенокс.	ν (>C=N-N=C<)	ν 
H ₂ A	3520 (сл.)	1678	1622	1281	–	–
Nd ₂ (A) ₃ ·12H ₂ O (2)	3366 (ш.)	–	–	1286	1637	1611
H ₂ B	3540 (сл.)	1682	1610	1290	–	–
La ₂ (B) ₃ (1)	–	–	–	1278	1691	1612
Nd ₂ (B) ₃ ·6H ₂ O (3)	3586 (ш.)	–	–	1292	1685	1610

В комплексном соединении La₂(B)₃ (1) салицилиденгидразон 2-(5,6-диметил-1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты координирован в депротонированной оксиазинной форме, о чем свидетельствуют положения полос, отвечающие колебаниям группировок >C=N-N=C< и –C(O)=N– при 1691 и 1612 см⁻¹. Координационный полиэдр катиона лантана(III) достраивается за счет координации атома кислорода феноксильного фрагмента, что подтверждается смещением полосы валентных колебаний связи C–O от 1290 до 1278 см⁻¹ (в ИК спектре свободного и координированного салицилиденгидразона соответственно) (Рис. 1).



$M = \text{La, Nd}$

Рис. 1. Способ координации салицилиденгидразона 2-(5,6-диметил-1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты.

В комплексном соединении $\text{Nd}_2(\text{A})_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (2) салицилиденгидразон 2-[2-(α -гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты также координирован в депротонированной оксиазинной форме, о чем свидетельствуют положения полос, отвечающие колебаниям группировок $>\text{C}=\text{N}-\text{N}=\text{C}<$ и $-\text{C}(\text{O})=\text{N}-$ при 1637 и 1611 cm^{-1} соответственно. Координационный полиэдр катиона лантана(III) достраивается за счет координации атома кислорода феноксильного фрагмента, что подтверждается смещением полосы валентных колебаний связи $\text{C}-\text{O}$ от 1281 до 1286 cm^{-1} (в ИК спектре свободного и координированного салицилиденгидразона соответственно) (Рис. 2).

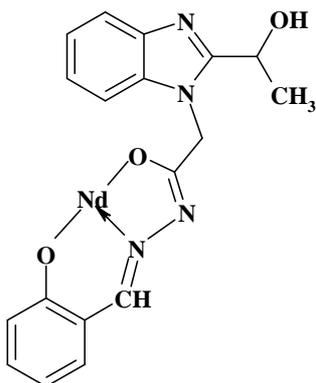


Рис. 2. Способ координации салицилиденгидразона 2-[2-(α -гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты.

В комплексном соединении $\text{Nd}_2(\text{B})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (3) салицилиденгидразон 2-(5,6-диметилбензимидазол-1-ил)уксусной кислоты координирован в депротонированной оксиазинной форме, о чем свидетельствуют положения полос, отвечающие колебаниям группировок $>\text{C}=\text{N}-\text{N}=\text{C}<$ и $-\text{C}(\text{O})=\text{N}-$ при 1685 и 1610 cm^{-1} . Координационный полиэдр катиона неодима(III) достраивается за счет координации атома кислорода феноксильного фрагмента, что подтверждается смещением полосы

валентных колебаний связи С–О от 1290 до 1292 см⁻¹ (в ИК спектре свободного и координированного салицилиденгидразона соответственно).

В ИК спектрах соединений Nd₂(А)₃·12Н₂О (2) Nd₂(В)₃·6Н₂О (3), полученных при использовании нитрата неодима(III), отсутствуют полосы, отвечающие валентным асимметричным колебаниям нитрат-аниона: что подтверждает тот факт, что соединения являются внутрикомплексными [5, 6].

Содержание лантана(III) и неодима(III) в комплексе определено гравиметрическим методом после термического разложения навески при термогравиметрическом анализе (Табл. 3) [7].

Содержание определяемого элемента (в % по массе) рассчитывали по формуле (1):

$$u_i(\%) = \frac{m_1 \cdot F}{m} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m₁ – масса гравиметрической формы (La₂O₃) и (Nd₂O₃) (г);

m – навеска анализируемого образца;

F – аналитический фактор (формулы (2), (3)):

$$F(La / La_2O_3) = \frac{2 \cdot M(La)}{M(La_2O_3)} = 0,8528, \quad (2)$$

$$F(Nd / Nd_2O_3) = \frac{2 \cdot M(Nd)}{M(Nd_2O_3)} = 0,8571. \quad (3)$$

Таблица 3
Состав и данные элементного анализа комплексов лантана(III) и неодима(III)

Соединение (№)	Брутто-формула	Содержание металла-комплексобразователя (% по массе)	
		найдено	вычислено
La ₂ (В) ₃ (1)	C ₅₄ H ₅₄ La ₂ N ₁₂ O ₆	22,22	22,04
Nd ₂ (А) ₃ ·12Н ₂ О (2)	C ₅₄ H ₇₂ Nd ₂ N ₁₂ O ₂₁	19,06	19,04
Nd ₂ (В) ₃ ·6Н ₂ О (3)	C ₅₄ H ₉₂ Nd ₂ N ₁₂ O ₂₈	21,30	19,04

Для определения термической устойчивости комплексов был выполнен термогравиметрический анализ комплексов на основе салицилиденгидразона 2-[2-(α-гидроксиэтил)-1Н-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты (Н₂А) и салицилиденгидразона 2-(5,6-диметил-1Н-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты (Н₂В). Результаты термогравиметрического анализа представлены в табл. 4.

Установлено, что соединение $\text{La}_2(\text{B})_3$ (1) устойчиво вплоть до $275\text{ }^\circ\text{C}$, потеря массы равна $45,65\%$. Процесс заканчивается при $310\text{ }^\circ\text{C}$, сопровождается эндотермическим эффектом с минимумом при $290\text{ }^\circ\text{C}$. Затем начинается процесс термоокислительной деструкции, который заканчивается при $455\text{ }^\circ\text{C}$ по кривой дифференциального термического анализа (ДТА), суммарная потеря массы равна $57,44\%$. Далее при повышении температуры идет выгорание органического остатка в интервале температур $515\text{--}664\text{ }^\circ\text{C}$ с максимумом экзоэффекта при $569\text{ }^\circ\text{C}$. Окончательная потеря массы образца по кривой термогравиметрического анализа (ТГА) равна $79,97\%$.

Установлено, что соединение $\text{Nd}_2(\text{A})_3 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (2) устойчиво до $75\text{ }^\circ\text{C}$, далее происходит удаление четырех молекул воды в пересчете на формульную единицу комплекса, что соответствует $4,5\%$ по кривой потери массы, а рассчитано теоретически $4,7\%$. Процесс заканчивается при $156\text{ }^\circ\text{C}$ и сопровождается эндотермическим эффектом с минимумом по кривой ДТА при $101\text{ }^\circ\text{C}$. В интервале температур $156\text{--}362\text{ }^\circ\text{C}$ на кривой ДТА проявляется экзотермический эффект с максимумом при $268\text{ }^\circ\text{C}$, что отвечает удалению еще 8 молекул воды (найден по кривой ТГА $15,6\%$, вычислено $14,4\%$). При повышении температуры происходит термоокислительная деструкция с максимумом экзоэффекта при $380\text{ }^\circ\text{C}$ по кривой ДТА соответственно, суммарная потеря массы образца равна $63,61\%$. Выгорание органического остатка происходит в интервале температур $423\text{--}700\text{ }^\circ\text{C}$ с максимумом экзоэффекта при $556\text{ }^\circ\text{C}$. Окончательная потеря массы образца по кривой ТГА равна $77,76\%$.

Установлено, что соединение $\text{Nd}_2(\text{B})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (3) устойчиво до $77\text{ }^\circ\text{C}$, далее происходит удаление одной молекулы воды в пересчете на формульную единицу комплекса, что соответствует $1,59\%$ по кривой потери массы, а рассчитано теоретически $1,3\%$. Процесс заканчивается при $114\text{ }^\circ\text{C}$ и сопровождается очень слабым эндотермическим эффектом с минимумом по кривой ДТА при $90\text{ }^\circ\text{C}$. В интервале температур $114\text{--}204\text{ }^\circ\text{C}$ на кривой ДТА проявляется слабый экзотермический эффект с максимумом при $195\text{ }^\circ\text{C}$, что отвечает удалению еще двух молекул воды (найден по кривой ТГА $4,26\%$, вычислено $4,0\%$). При дальнейшем нагревании образца происходит удаление трех оставшихся молекул воды, процесс экзотермический с максимумом по кривой ДТА при $226\text{ }^\circ\text{C}$ (найден по кривой ТГА $8,04\%$, вычислено $7,9\%$). При повышении температуры происходит термоокислительная деструкция с максимумами экзоэффектов при $343, 360, 449\text{ }^\circ\text{C}$ по кривой ДТА соответственно, суммарная потеря массы $73,91\%$. Выгорание органического остатка происходит в интервале температур $505\text{--}700\text{ }^\circ\text{C}$ с максимумом экзоэффекта при $540\text{ }^\circ\text{C}$. Окончательная потеря массы образца по кривой ТГА равна $79,71\%$.

Таблица 4
Данные термогравиметрического анализа синтезированных соединений

Соединение	Интервал температур по кривой ТГА, °С	Экстремум по кривой ДТА, °С*	Δ m, % найдено/вычислено	Процесс
La ₂ (B) ₃ (1)	275–310	290 (-)	45,65%	термоокислительная деструкция
	310–391	–	49,36%	
	391–515	455 (+)	57,44%	
	515–664	569 (+)	79,97%	выгорание органического остатка
Nd ₂ (A) ₃ ·12H ₂ O (2)	75–156	101 (-)	4,5/4,7	– 4H ₂ O
	156–362	268 (+)	15,6/14,4	– 8H ₂ O,
	362–423	380 (+)	63,61%	термоокислительная деструкция
	423–593	556 (+)	70,23%	выгорание органического остатка
	593–700	600(+)	77,76%	
Nd ₂ (B) ₃ ·6H ₂ O (3)	77–114	90 (-) слаб.	1,59/1,3	–H ₂ O
	114–204	195(+) слаб.	4,26/4,0	–2H ₂ O
	204–247	226(+)	8,04/7,9	–3H ₂ O
	247–350	343(+)	32,59	термоокислительная деструкция
	350–400	360(+) слаб.	43,54	
	400–505	449(+)	73,91	
	505–578	540(+)	77,72	выгорание органического остатка
	578–700	620(+)	79,71	

Примечание: * (+), (-) – экзо-, эндотермический эффект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Синтезированы салицилиденгидразон 2-[2-(α-гидроксиэтил)-1H-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты (H₂A) и салицилиденгидразон 2-(5,6-диметил-1H-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты (H₂B), структура соединений подтверждена данными ИК и ПМР спектроскопии.
2. Изучено комплексообразование салицилиденгидразонов (H₂A) и (H₂B) с солями лантана(III) и неодима(III) и по данным элементного анализа установлено, что

состав соединений отвечает соотношению металл : лиганд = 2 : 3, определены термическая устойчивость комплексов и их сольватный состав.

- Показано, что салицилиденгидразоны 2-[2-(α -гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазол-1-ил]уксусной кислоты и 2-(5,6-диметил-1*H*-бензимидазол-1-ил)уксусной кислоты являются двухосновными тридентатными лигандами, координация которых осуществляется через атомы кислорода и азота гидразидного фрагмента в депротонированной оксиазинной форме и через феноксильный атом кислорода.

Список литературы

- Казгикин О. Н. Неорганические люминофоры / О. Н. Казгикин, Л. Я. Марковский, И. А. Миронов. – Л. : Химия, 1975. – 192 с.
- Алакаева Л. А. Люминесцентные методы исследования комплексных соединений / Л. А. Алакаева, Р. Д. Ульбашева. – Нальчик: Каб-Балк. ун-т, 2003. – 58 с.
- Спектрофотометрические и люминесцентные методы определения лантаноидов / Н. С. Полуэктов, Л. И. Кононенко, Н. П. Ефрющина, С. В. Бельтюкова. – Киев: Наукова думка, 1989. – 255 с.
- Сильверстейн Р. Спектрометрическая идентификация органических соединений / Р. Сильверстейн, Г. Басслер, Т. Морил; [Пер. с англ. под ред. А.А. Мальцева]. – М. : Мир, 1977. – С.125–215.
- Григорьев А. И. Введение в колебательную спектроскопию неорганических соединений / А. И. Григорьев. – М. : МГУ. – 1977. – 87 с.
- Кукушкин Ю. Н. Химия координационных соединений / Ю. Н. Кукушкин. – М. : Высшая школа, 1985. – 455 с.
- Васильев В. П. Аналитическая химия. Ч.1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа / В. П. Васильев. – М. : Высшая школа, 1989. – 320 с.

SYNTHESIS, STRUCTURE AND PROPERTIES OF COORDINATION COMPOUND OF LANTHANUM(III) AND NEODYMIUM(III) WITH DERIVATIVES 2-(1*H*-BENZIMIDAZOL-1-YL)ACETOHYDRAZIDE

Zakirova N. R., Memetov D. R., Sarnit E. A., Baevsky M. Y.

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

Modern coordination chemistry characterized by intensive use of complexes of metals with organic reagent in the solution for separation, concentration and quantitative determination of the various elements. The successful solving of the chemical analytical problems is possible with sufficient information about the optimum conditions of complexes formation. The phenomenon of luminescence can be used for studying of luminescent metal complexes with organic reagents and for the determination of low concentrations of metal. Thus, salicylic and sulfosalicylic acids are used as analytical reagents for the detection of terbium(III), dysprosium(III) and samarium(III).

The aim of our work is to study the complexation of salicylidenehydrazone 2-[2-(α -hydroxymethyl)-1*H*-benzimidazol-1-yl]acetic acid and 2-(5,6-dimethyl-1*H*-benzimidazol-1-yl)acetic acid with cations of lanthanum(III) and neodymium(III).

During the work salicylidene hydrazone 2-[2-(α -hydroxyethyl)-1*H*-benzimidazol-1-yl]acetic acid (H₂A) and salicylidene hydrazone 2-(5,6-dimethyl-1*H*-benzimidazole-1-yl)acetic acid (H₂B) were synthesized, compounds were identified according to IR spectroscopy. The complexation salicylidene hydrazones (H₂A) and (H₂B) with salts of lanthanum(III) and neodymium(III) was studied, according to the element analysis it was established that the structure of compounds corresponding to the ratio metal : ligand = 2 : 3, thermal stability of complexes and their solvat composition was defined. Salicylidene hydrazones 2-[2-(α -hydroxyethyl)-1*H*-benzimidazol-1-yl]acetic acid and 2-(5,6-dimethyl-1*H*-benzimidazole-1-yl)acetic acid are dibasic tridentate ligands coordinating through oxygen and nitrogen atoms of the hydrazide fragment of deprotonated oxyazin form and phenoxyl oxygen atom.

In the hydrazides spectra presents the bands «Amide-I» and «Amide-II» at 1659 and 1624 cm⁻¹ (hydrazide 2-[2-(α -hydroxyethyl)-1*H*-benzimidazol-1-yl]acetic acid) and 1676 and 1628 cm⁻¹ (hydrazide 2-(5,6-dimethyl-1*H*-benzimidazole-1-yl)acetic acid). During salicylidenhydrazones complexation with metal cations occurs transition acylhydrazone (I) in to deprotonated oxyazin form (II). IR spectra intracomplex compounds missing bands «Amide-I» and «Amide-II» and there are two new bands corresponding functional groups >C=N–N=C< (1691 and 1685 cm⁻¹) and –C(O)=N– (at 1612 and 1610 cm⁻¹) for salicylidenhydrazone 2-[2-(α -hydroxyethyl)-1*H*-benzimidazol-1-yl]acetic acid and salicylidenhydrazone 2-(5,6-dimethyl-1*H*-benzimidazole-1-yl)acetic acid, confirming transition acylhydrazone in this form.

Keywords: complexes of lanthanum(III), complexes of neodymium(III), benzimidazole, hydrazides, salicylidenhydrazones.

References

- 1 Kazgikin O. N., Markovsky L. Y., Mironov I. A., The inorganic luminophore, 192 p. (Leningrad, 1975) (In Russ.).
- 2 Alakaeva L. A., Luminescence methods of research of complex compounds, 58 p. (Nalchik, 2003) (In Russ.).
- 3 Poluektov N. S., Kononenko L. I., Efyushina N. P. and Belyukova S. V., Spectrophotometric and luminescence methods for the determination of the lanthanides, 255 p. (Kiev, 1989) (In Russ.).
- 4 Silverstein R. M., Bassler G. C., Morrill T. C. Spectrometric identification of organic compounds, P. 125–215 (Moscow, 1977) (In Russ.).
- 5 Grigoriev A. I., An introduction to vibrational spectroscopy of inorganic compounds, 87 p. (Moscow, 1977).
- 6 Kukushkin Y. N., Coordination chemistry, 455 p. (Moscow, 1985) (In Russ.).
- 7 Vasiliev V. P., Analytical chemistry. Part 1. Gravimetric and titrimetric methods of analysis, 320 p. (Moscow, 1989) (In Russ.).

УДК 544.23.022.522, 546.26-162, 53.092, 53.06

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КРЕКИНГОМ

*Работягов К. В.¹, Сай Е. В.¹, Максимова Е. М.², Наухацкий И. А.²,
Карпенко Н. И.², Шевченко А. И.², Мазин А. С.^{2,3}*

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

²*Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

³*Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

E-mail: rabotyagov@simfi.net

В работе исследована сорбционная способность пористых углеродных материалов, полученных при утилизации изношенных резинотехнических изделий. Изучена зависимость их электропроводности от величины давления при прессовании. Методом рентгенофазового анализа определены модификации углерода, входящие в состав полученных материалов.

Ключевые слова: фуллерены, пористые углеродные материалы, фуллерен содержащие материалы.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость расширения методов создания устройств, способных напрямую превращать энергию солнечного света в электрическую, приводит к применению технологий композиционных материалов (КМ), обладающих комплексом свойств и особенностей, отличающихся от традиционных и, в совокупности, открывающих широкие возможности как для совершенствования существующих конструкций самого разнообразного назначения, так и для разработки новых конструкций и технологических процессов [1].

Отдельный интерес вызывают пористые композиционные материалы, особенно те их виды, в состав которых входят углеродные макромолекулы: фуллерены, нанотрубки, слоистые структуры [2]. Разработка светопоглощающих систем на их основе представляется крайне выгодной ввиду набора уникальных свойств, таких как высокая устойчивость к атмосферным воздействиям; развитая поверхность и, соответственно, высокая адгезионная способность; один из наиболее высоких коэффициентов светопоглощения; термическая стабильность.

Целью данной работы является изучение пористых углеродных материалов (ПУМ), полученных при низкотемпературном каталитическом крекинге изношенных

резинотехнических изделий (ИРТИ) [3], в качестве носителей макромолекулярных матриц для создания *нано*-р-п-переходов фотоэлектрогенерирующих слоёв.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 2009 по 2011 гг. была разработана технология низкотемпературного крекинга ИРТИ на комбинированном железо-медь-цинковом катализаторе, одним из продуктов применения которой стал ПУМ со свойствами, характерными для газовых и туннельных саж, при том что сам материал был близок к аморфному углероду пиролизного типа. Сделать подобное отнесение можно, анализируя основные параметры, характеризующие активные угли: величину удельной поверхности и сорбционную ёмкость. Если удельная поверхность зависит от размера частиц, не имея при этом однозначной зависимости из-за пористости материала, то сорбционную ёмкость можно рассчитать, измеряя характеристики поглощения различных веществ сорбентом из газов и растворов.

В качестве тестовых веществ для изучения коэффициента поглощения и полной сорбционной ёмкости (СЕ) были выбраны: иод, фенол, бриллиантовый зелёный, нитрат железа(III) и контрольная смесь алициклических и ароматических углеводородов (C_xH_y). Для всех веществ использовались стандартные методики определения исходных и остаточных концентраций. Для бриллиантового зелёного (БЗ) дополнительно использован метод калиброванных растворов, а для фенола – фотометрическое определение оптической плотности комплекса фенолята железа(III) [4, 5].

Электропроводящие свойства синтезированного материала изучались посредством измерения проводимости в системе металл-образец-металл. В качестве контактных металлических групп были использованы алюминиевые и медные контактные площадки, которые составляли единую цепь с токоведущими проводами. Линейность и зависимость вольт-амперных характеристик от природы контактов определялась на измерительном приборе «Измеритель характеристик полупроводниковых приборов Л2-56» [6].

Запись спектра образца производилась на рентгеновском дифрактометре общего назначения ДРОН-3 (схема фокусировки по Брэггу-Брентано с использованием графитового монохроматора) в угловой области 2θ от 7° до 110° . Использовалась рентгеновская трубка с медным анодом $\lambda(K_\alpha) = 0,154184$ нм. Первичный и вторичный пучок ограничивался щелями: горизонтальной – 0,25 мм, вертикальной – 6 мм, щелями Соллера – 0,5 мм. Скорость вращения детектора – $0,5^\circ/\text{min}$, постоянная времени – $1 \cdot 10^3$ imp/s. Скорость вращения образца – 120 оборотов в минуту (ось в плоскости съёмки).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Значение СЕ полученного ПУМ в сравнении с активными углями для бриллиантового зеленого составляет 10 %, а для фенола – 40% (Табл. 1). Такой результат может быть обусловлен малой активностью поверхности. С целью её увеличения была проведена активация гидротермическим методом. На поглотительную способность к углеводородам такой подход практически не повлиял. Поглощение ПУМ неполярного сорбата – иода, в сравнении с углями

марок БАУ-А и БАУ-Ац, составило 67 %. Существенный рост СЕ пришелся на полярные сорбаты. Так, значения СЕ для ионов Fe^{3+} оказались сопоставимы со свойствами лучших алюмосиликатных сорбентов и вдвое превосходят такие распространенные поглотители ионов, как бентониты и кремнеземы. В целом процесс гидротермальной активации увеличил СЕ в 5 раз. Отклонение от среднего значения СЕ в случае с нитратом железа(III) может быть связано со значительной удельной кислотностью ($5 \cdot 10^{-3}$ моль/ кг) ПУМ [7, 8].

Таблица 1

Значения полной сорбционной ёмкости (моль/кг)

сорбат \ тип ПУМ	C_xH_y	иод	фенол	БЗ	нитрат железа(III)
молотый неактивированный	9,40	0,58	0,96	0,07	0,09
молотый активированный	9,61	2,70	3,82	0,94	1,70
комовый активированный	6,58	1,65	-	-	1,07

Возможным объяснением такого поведения сорбента может стать присутствие в его составе макромолекулярных агрегатов либо большого количества аморфного углерода, что подтверждается данными рентгенофазовых исследований (Рис. 1).

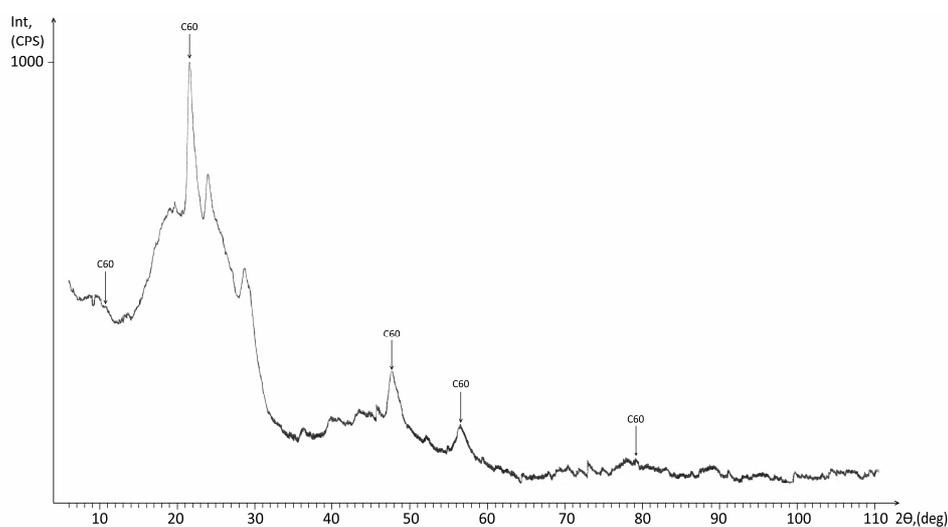


Рис. 1. Рентгенограмма образца ПУМ.

В таблице 2 представлены основные компоненты анализируемого образца, восемь из которых в совокупности составляют 90 % его массы.

Таблица 2

Основные компоненты ПУМ

COD ID [9]	Состав	Международное название	Массовая доля, %
1100004	C	Carbon Lonsdaleite	28,9
9014004	C	Carbon	12,2
9012588	C	Carbon	13,2
2101499	C		12,9
1101021	C	Carbon Graphite 3R	9,7
9012594	C	Carbon	7,7
9011073	C60	Buckminsterfullerene	2,7
9012241	C	Supercubane	2,2
9012593	C	Carbon	2,0
9012592	C	Carbon	0,7
1011060	C	Carbon Graphite 2H	0,4
9012590	C	Carbon	0,4

Как видно из таблицы, в образце ПУМ присутствуют кристаллические и макромолекулярные компоненты, что позволяет отнести их к фуллерен содержащим материалам.

Важным свойством углеродных материалов служит их электропроводность. Особенность порошкового углерода, послужившая причиной его использования в звукопринимающих устройствах, состоит в зависимости величины удельного сопротивления от внешнего давления. Нами проводилось изучение влияния давления на электропроводность ПУМ в диапазоне 0–50 кг/см² (Рис. 2).

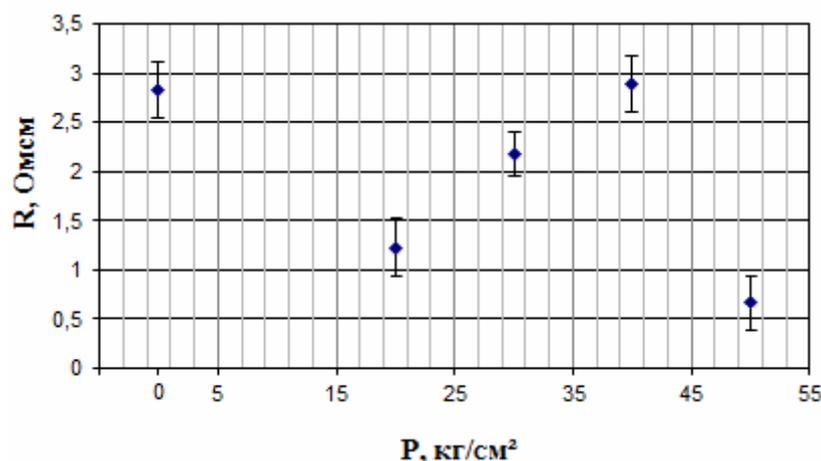


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления ПУМ от давления.

При малом давлении прессования не наблюдается отклонений электропроводности от ожидаемых значений. Однако при давлениях выше 20 кг/см^2 начинается значительное увеличение сопротивления, прекращающееся после сдавливания выше 40 кг/см^2 . Такое поведение порошкового материала свидетельствует о сохранении структуры газовой сажи. Причиной подобного поведения может служить предположение, что разрушение углеродных глобул количественно превосходит увеличение площади их контакта, уменьшая общее сечение проводящего слоя, соответственно, увеличивая сопротивление. После преодоления барьера начинается рост проводимости за счёт сближения остатков разрушенных глобул и увеличения их взаимного контакта.

Особенности изменения электропроводности, хорошо известный высокий коэффициент светопоглощения, легирование электрондонорными и акцепторными добавками с возможностью создания нано-p-n-переходов открывают возможность использования утилизационного ПУМ в производстве фотоэлектрогенерирующих покрытий. Наличие в составе ПУМ углеродных макромолекул и структурированных соединений графита делают возможным применение данного материала в качестве химически иммобилизованного пигмента с высоким коэффициентом светопоглощения для создания эффективных теплообменников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Полученный пористый углеродный материал включает в свой состав значительные количества аморфной и макромолекулярной форм, что в сочетании с легкостью варьирования размера гранул делает его перспективным сорбентом для очистки воды.
2. Величина удельной электропроводности легко изменяется в зависимости от условий прессования, что дает возможность использовать пористый углеродный материал в производстве фотоэлектрогенерирующих покрытий.

Список литературы

1. Фенелонов В. Б. Пористый углерод / В. Б. Фенелонов изд. Ин-та катализа СО РАН, Новосибирск, 1995. – 513 с.
2. Карнаухов А. П., Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов / А. П. Карнаухов – Наука, Новосибирск, 1999. – 470 с.
3. Спосіб переробки гумовмістних відходів № 57640. Заявка на корисну модель № u 2010 09017 от 19.07.2010. Бюл. № 5 10.03.2011 Украина МПК 2011/01 B29B 17/00
4. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный: ГОСТ 4453 – 74. – [Введен 1977. 01.07.]. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 9 с.
5. Симонова В. В. Адсорбция фенола из водных растворов модифицированными углями / В. В. Симонова, Т. Г. Шендрик // Химия твердого топлива. – 2002. – Т. 5, С. 52–64.
6. Мазин А. С. Наноструктурированные полупроводники, полученные порошковым методом / А. С. Мазин, А. И. Шевченко, В. М. Воскресенский, В. С. Гурченко, А. В. Куропаткин, Е. И. Теруков, В. П. Афанасьев // Учёные записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия "Физико-математические науки". – 2014. – Т. 27 (66), № 2. – С. 107–114.

7. Крымова В. В. Исследование процессов адсорбции Fe^{3+} на бентонитах / В. В. Крымова, Э. А. Щербин // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. – 2012. – Т. 25 (64), № 4. – С. 248–254.
8. Работягов К. В. Сорбционные свойства утилизационного технического углерода / К. В. Работягов // II Международная конференция "Прикладная физико-неорганическая химия" Украина, Севастополь, 23–26.09.2013. – С. 320–321.
9. Crystallography Open Database. <http://www.crystallography.net>

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES FOR POROUS CARBON MATERIALS OBTAINED BY LOW- TEMPERATURE CRECKING

***Rabotyagov K. V.¹, Say E. V.¹, Maksimova E. M.², Nauhacky I. A.², Karpenko N. I.²,
Schevchenko A. I.², Mazinov A. S.^{1,2}***

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

²*Physics and Technology Institute of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea*

³*Research and Education Centre for Noospherology and Sustainable Development of V.I. Vernadsky
Crimean Federal University, Simferopol, Crimea*

E-mail: rabotyagov@simfi.net

The need to expand the methods of creation for devices, that are capable of directly convert sunlight energy into electrical, leads to the use of composite materials technology. Porous composite materials cause separate interest, because they contain the carbon macromolecules: fullerenes, nanotubes, layered structure. Development of light-absorbing systems based on them is extremely profitable. It is advantageous in view of a set of unique properties such as: high resistance to weathering; developed surface and high adhesion; high coefficient of light absorption; thermal stability.

The aim of this work is to study of porous carbon materials, which were prepared by low-temperature catalytic cracking from the worn rubber products. In addition, their properties for use as a macromolecular matrix in the nano p-n junction that are applicable for third generation solar cells was consideration too.

After comparison of our carbon materials, which were produce by means of utilization the car's rubber, we can with a high degree of certainty to claim that this material is intermediate between amorphous and crystalline carbon compounds, similar to soot. However, unlike the latter, carbonaceous material has a lump structure and can be obtained in the granules form of a set size, by varying the grinding conditions. This property makes it a promising sorbent, especially given the possibility of modification.

Features of change of the electrical conductivity by varying the amount of pressing and a high coefficient of light absorption open up the possibility of using the recycling carbon material in the production of functional layers for solar cell. I.e. it allows us to create different types of materials by doping chemical elements from other periodic groups. Thereby we can construct both donor and acceptor additives for the ability to create p-n-junction. Plus, the presence of carbon macromolecules and structured graphites in samples opens the possibility to use this material as a chemical pigment with high light absorption for efficient heat exchangers, thermal solar collectors.

Keywords: fullerenes, porous carbon materials, fullerene-containing materials.

References

1. Fenelonov V.B., *Porous carbon*, 513 p. (The Institute of Catalysis SO RAS, Novosibirsk, 1995) (in Russ.).
2. Karnaukhov A.P., *Adsorption. The texture of dispersed and porous materials*, 470 p. (Nauka, Novosibirsk, 1999) (in Russ.).
3. Method for processing the hemovmisnyh waste №57640. Application for utility model № u 2010 09017 from 19.07.2010. Bull.№5 10.03.2011 Ukraine MPK 2011/01 B29B 17/00 (in Ukr.).
4. Coal activated lightening woody powdery: GOST 4453 – 74. – [Intoduced 1977. 01.07.]. – M.: Sstandards Publishing House, 9 p. (1993) (in Russ.).
5. Simonova V.V., Shendrik T.G., Adsorption of phenol from water solutions modified by coals, *Solid Fuel Chemistry*, **5**, 52 (2002) (in Russ.).
6. Mazinov A.S., Shevchenko A.I., Voskresensky V.M., Gurchenko V.S., Kuropatkin A.V., Terukov E.I., Afanasyev V.P., Nanostructured Semiconductors obtained by the Powder method, *Scientific notes of V.I. Vernadsky Tauride National University*, **66**, 107 (2014) (in Russ.).
7. Krymova V.V., Sherbin E.A., The study of adsorption processes Fe^{3+} on bentonites, *Scientific notes of V.I. Vernadsky Tauride National University*, **64**, 248 (2012.) (in Russ.).
8. Rabotyagov K.V. Sorption properties of utilization technical carbon, *II International Conference "Applied physic-inorganic chemistry"* (Ukraine, Sevastopol, 23–26.09.2013), p. 320 (in Russ.).
9. Crystallography Open Database. <http://www.crystallography.net>

УДК 54.03:548.4:548.718

МОДИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ КРОНИГА-ПЕННИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ АТОМНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ

Шевченко А. И.¹, Орленсон В. Б.¹, Мазин А. С.^{1,2}, Лукьяненко В. А.³

¹Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

²Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

³Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: mas@crimea.edu

Показаны недостатки модели Кронига-Пенни для неоднородных атомных решёток. Предложен один из способов модернизации данной модели для немонокристаллического кремния и получено характеристическое уравнение. Показаны отличия в построении зонных диаграмм для классического случая и предложенной модели.

Ключевые слова: модель дефектного кристалла, трансцендентное уравнение, зонная диаграмма, легированный кремний.

PACS: 71.15.-m

ВВЕДЕНИЕ

Базой для создания современных фотоэлектрических элементов является материаловедение, которое предлагает на современном этапе атомно-молекулярные структуры для третьего поколения солнечных батарей [1]. Состав подобных приборов базируется на наноструктурах, и наиболее экзотичными из них с точки зрения классической полупроводниковой химии являются органические и углеродсодержащие вещества [2, 3]. С другой стороны, описание строгих фотоэлектрических элементов требует наличия потенциального барьера между двумя неоднотипными материалами, которые имеют различные энергетические уровни зон проводимости и валентных зон. Если для идеальных монокристаллов дисперсионные соотношения уже выстроены, то для углеродных и наноструктурированных материалов построение таких моделей является актуальным вопросом. Исходя из этих предпосылок, нами предлагается рассмотрение энергетических уровней подобных структур посредством одноэлектронного приближения, при котором спектр электронов можно описать с помощью уравнения Шрёдингера [4].

На сегодняшний день нелегированные кристаллические полупроводниковые материалы, содержащие пренебрежимо малое количество примесей, достаточно

хорошо изучены, а модель Кронига-Пенни в принципе позволяет дать общее описание энергетического распределения в пределах одной обратной решётки бесконечной атомной цепочки. Однако электронный энергетический спектр для конечного, а тем более дефектного и легированного примесями кристалла решен не до конца. В связи с этим в модель следует ввести некоторые уточнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В наших исследованиях кремний как основной химический элемент на основе которого строится большинство фотоэлектрических элементов, рассматривается с точки зрения его кристаллической однородности и нарушений периодичности его атомной решётки. Строго говоря, если даже рассматривать легированный полупроводник «как одномерную структуру», то он имеет в своём составе атомы посторонней примеси, которые встречаются через тысячи-миллионы атомов основного материала. Такое незначительное наличие чужеродных атомов позволяет допустить рассмотрение всех атомов в качестве односортовых. В результате потенциальная энергия электрона в поле атомных остовов имеет периодический вид. Поэтому в данном случае применима модель Кронига-Пенни [5, 6] с потенциалом, представленным на рис. 1 (пунктирная линия). Волновая функция электрона (функция Блоха) имеет следующий вид [7]:

$$\psi = U(x) \exp(ikx), \quad (1)$$

а трансцендентное уравнение

$$\frac{\beta^2 - \alpha^2}{2\alpha\beta} \operatorname{sh}(\beta b) \sin(\alpha a) + \operatorname{ch}(\beta b) \cos(\alpha a) = \cos(k(a + b)). \quad (2)$$

Тем не менее для построения уточнённых зонных диаграмм, а тем более для сильнолегированного материала, необходимо учитывать наличие примесных атомов [8–11]. На наш взгляд, существует два пути рассмотрения периодически встречающихся неоднородностей: изменение вида потенциала и модифицирование волновой функции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В случае дефектной периодичности, воздействие от которой медленно затухает, изменение энергетических потенциалов можно представить в виде функции с периодически изменяющейся амплитудой (рис. 1, огибающая прямоугольные потенциалы линия). Нужно заметить, что такое описание хоть и далеко от идеального, но тем не менее более реалистично показывает распределение энергии атомов в бесконечной цепочке со встроенными возмущениями. Естественным образом можно предположить, что подобный вид возмущения будет соответственно менять и саму волновую функцию электрона.

Следовательно, это отклонение функции можно представить включением периодического «множителя» $\cos(nkx)$ в блоховскую функцию:

$$\psi = U(x) \exp(ikx) \cos(nkx). \quad (3)$$

Математический смысл параметра n – частота изменения волновой функции Блоха, входящей в стандартную модель Кронига-Пенни.

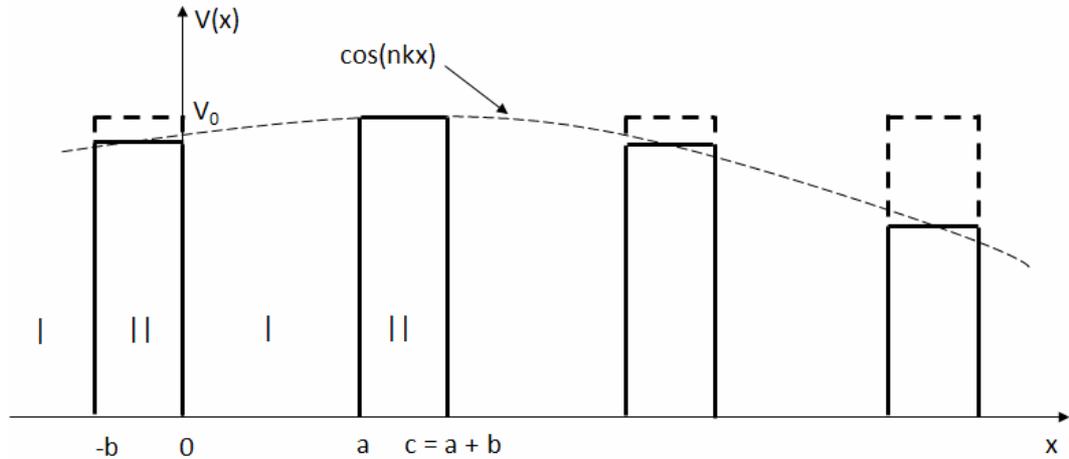


Рис. 1. Периодический и периодически меняющийся потенциал кристаллической и легированной решетки

Из условий медленного изменения амплитуд атомных возмущений можно предположить, что на границах раздела яма-барьер и барьер-яма амплитуда одинакова. Другими словами, предполагается косинусоидальное возмущение перенести от потенциала к волновой функции. Следовательно, волновую функцию (3) можно подставить в стационарное уравнение Шредингера [12] и получить следующие уравнения для первой и второй областей соответственно (рис. 1):

$$\cos(nkx) \frac{d^2 U(x)}{dx^2} + 2k[i \cos(nkx) - n \sin(nkx)] \frac{dU(x)}{dx} - [k^2(\cos(nkx) + 2in \sin(nkx) + n^2 \cos(nkx)) - \alpha^2 \cos(nkx)] U(x) = 0 \quad (4)$$

и

$$\cos(nkx) \frac{d^2 U(x)}{dx^2} + 2k[i \cos(nkx) - n \sin(nkx)] \frac{dU(x)}{dx} - [k^2(\cos(nkx) + 2in \sin(nkx) + n^2 \cos(nkx)) + \beta^2 \cos(nkx)] U(x) = 0 \quad (5)$$

Решения этих уравнений имеют вид линейной комбинации экспоненциальных функций, делённых на косинусоидальные функции (6, 7):

$$U_1(x) = \frac{A \exp(i(\alpha - k)x)}{\cos(nkx)} + \frac{B \exp(-i(\alpha + k)x)}{\cos(nkx)} \quad (6)$$

для первого и

$$U_2(x) = \frac{C \exp((\beta - ik)x)}{\cos(nkx)} + \frac{D \exp(-(\beta + ik)x)}{\cos(nkx)} \quad (7)$$

для второго.

Воспользовавшись все тем же приближением равных амплитуд на границе ям (рис. 1, пунктирная линия), полученные функции U_1 и U_2 «сшиваем». Условия «сшивки» производим в точках $x = 0$, $x = a$ и $x = -b$:

$$U_1(0) - U_2(0) = 0, \quad (8)$$

$$U_1'(0) - U_2'(0) = 0, \quad (9)$$

$$U_1(a) - U_2(-b) = 0, \quad (10)$$

$$U_1'(a) - U_2'(-b) = 0. \quad (11)$$

Подставляя U_1 и U_2 (6,7) в вышележащие выражения, получаем систему уравнений, которую относительно коэффициентов A , B , C , D представляем в матричном виде. Система уравнений будет иметь решение, когда определитель её матрицы равен нулю. Воспользовавшись этим условием, находим детерминант матрицы и после упрощения получаем следующее трансцендентное уравнение (12):

$$\begin{aligned} & 2\alpha\beta \cos(\alpha a) \operatorname{ch}(\beta b) + nk(\operatorname{tg}(nka) + \operatorname{tg}(nkb))(\alpha \cos(\alpha a) \operatorname{sh}(\beta b) + \\ & + \beta \sin(\alpha a) \operatorname{ch}(\beta b)) + (\beta^2 - \alpha^2) \sin(\alpha a) \operatorname{sh}(\beta b) = \\ & = \alpha\beta \cos(k(a+b)) \left(\frac{\cos(nka)}{\cos(nkb)} + \frac{\cos(nkb)}{\cos(nka)} \right). \end{aligned} \quad (12)$$

Решения характеристического уравнения определяем графически. Проверочным методом является использование (12) при построении дисперсионной картины кристаллического материала с параметром $n = 0$. Физические параметры модели были взяты для элемента IV группы таблицы Менделеева: расстояние между центрами атомов (или постоянная решётки) $c = a + b = 5,43 \cdot 10^{-10}$ м, $b = c / 7$, высота потенциального барьера $U = 1,28 \cdot 10^{-18}$ Дж (8 эВ).

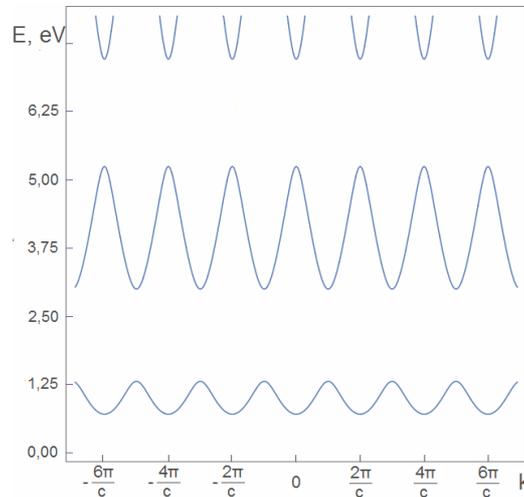


Рис. 2. Зонная диаграмма для стандартной модели Кронига-Пенни

В результате подстановки в уравнение (12) получаем хорошо знакомую зонную диаграмму стандартной модели Кронига-Пенни, состоящей из бесконечной одномерной решётки, построенной из периодически повторяющихся атомов и превращающей отдельные уровни энергии в энергетические зоны [13]. На рисунке 2 показан результат расчёта для кристаллического монокремния.

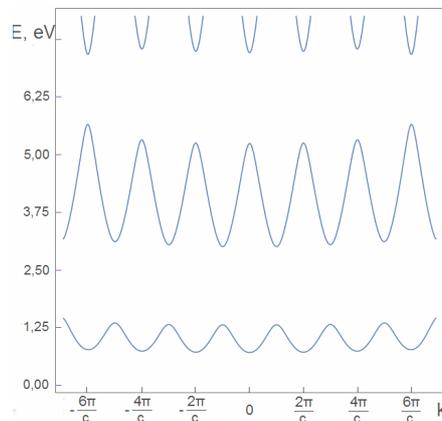


Рис. 3. Зонная диаграмма для модели с изменённой волновой функцией

В случае неоднородной кристаллической решётки коэффициент n отличен от нуля. Это приводит к изменению аргументов тригонометрических функций в уравнении (12), что в свою очередь приводит к изменению энергетической диаграммы. Отсюда следует и явный физический смысл параметра n – отношение количества примесей к количеству атомов основного вещества.

При этом параметр моделирования количества примесных атомов в периодической решётке кристалла показывает, насколько изменяются верхние энергетические зоны. При больших его значениях (более 0,001) наблюдается заметный прогиб зон и изменение дисперсионной картины в целом, что соответствует сильнолегированным полупроводникам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложена модель, описывающая нарушение периодичности атомной решётки для поликристаллических, легированных и дефектных материалов, которая даёт возможность рассматривать зонную диаграмму вещества.
2. Рассмотрена структура кристаллического и дефектного кремния, для которого найдены дисперсионные соотношения в случае легирования его примесями до 6 %.
3. Полученная в результате расчетов зонная диаграмма для параметра $n = 0,06$ показала уменьшение запрещённой зоны для верхних энергетических уровней относительно монокристаллического кремния.

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

Авторы выражают благодарность доценту кафедры теоретической физики и физики твёрдого тела Л.Н. Ахрамовичу за полезные обсуждения, замечания и пожелания.

Список литературы

1. Разумов В. Ф. Прогресс в области исследования и разработок органических и гибридных материалов для нанофотоники / В. Ф. Разумов, М. В. Алфимов // Труды МФТИ. – 2011. – Т. 3, № 4. – С. 22–32.
2. Optimization of solution-processed oligothiophene:fullerene based organic solar cells by using solvent additives / G.L. Schulz, M. Urdanpilleta, R. Fitzner [et al.] // Beilstein Journal of Nanotechnology. – 2013. – Vol. 4. – P. 680–689.
3. Khlyabich P. P. Optimization and simplification of polymer-fullerene solar cells through polymer and active layer design / P. P. Khlyabich, B. Burkhart, A. E. Rudenko, B. C. Thompson // Polymer. – 2013. – Vol. 54. – P. 5267–5298.
4. Ridley B. K. Quantum processes in semiconductors / B. K. Ridley. – Oxford: OUP, 2013, – 430 p.
5. Kronig R. de L. Quantum mechanics of electrons in crystal lattices / R. de L. Kronig, W. G. Penney // Proceedings of the Royal Society A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences. – Vol. 130, issue 814. – P. 499–513.
6. Sapoval B. Physics of semiconductors / B. Sapoval, C. Hermann. – NY: Springer-Verlag, 1994, – 320 p.
7. Manasreh O. Semiconductor Heterojunctions and Nanostructures / O. Manasreh. – NY: McGraw-Hill, 2005, – 554 p.
8. Шевченко А. И. Поглощение инфракрасной части оптического спектра некристаллическими полупроводниками, обусловленное наличием дефектных центров / А. И. Шевченко, А. С. Мазинов // Сборник трудов IX Международной конференции "Аморфные и микрокристаллические полупроводники". – Санкт-Петербург. – 2014. – С. 73–74.
9. Mazinov A. S. Examination of absorption spectra of amorphous silicon in the infrared range / A. S. Mazinov, A. I. Shevchenko // Proceedings of the International Conference "Nanomaterials: Applications and Properties". – Sumy – Lviv. – 2014. – Vol. 3, № 2, 02NEA02, 2 p.
10. Mazinov A. Quantum interactions of optical radiation with the defect centres in the tails of the forbidden band of amorphous materials / A. Mazinov, A. Shevchenko, V. Bahov // Optica Applicata. – 2014. – Vol. 44, № 2. – P. 327–335.
11. Mazinov A. S. The influence of defects on the energetic spectrum of noncrystalline semiconductors / A. S. Mazinov, A. I. Shevchenko, E. I. Terukov // Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics. – 2014. – Vol. 9, № 6. – P. 778–782.
12. Модель Кронига-Пенни для описания нанокристаллических полупроводниковых материалов / А. И. Шевченко, А. С. Мазинов, В. Б. Орленсон [и др.] // 25-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо'2015)». Материалы конференции. – Севастополь. – 2015. – С. 701–702.
13. Kelsall R. Nanoscale science and technology / R. Kelsall, I. W. Hamley, M. Geoghegan. Chichester: John Wiley & Sons, 2005 – 472 p.

MODIFICATION OF THE KRONIG-PENNEY MODEL FOR THE DESCRIPTION OF THE DEVIATIONS FROM THE ATOMIC PERIODICITY

Shevchenko A. I.¹, Orlenson V. B.¹, Mazinov A. S.^{1,2}, Lukyanenko V. A.³

¹*Physics and Technology Institute of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*

²*Research and Education Centre for Noospherology and Sustainable Development of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*

³*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation*
E-mail: mas@crimea.edu

The basis for the creation of modern photovoltaic cells is the materials science that offers at the present stage the atomic-molecular structures for the third generation of solar cells. The composition of such devices is based on nanostructures; more exotic ones, from the viewpoint of classical semiconductor physical chemistry, are organic materials and carbon. On the other hand, the description of classical photovoltaic cells requires a potential barrier between two not of the same type materials which have different energy levels of the conduction bands and valence bands. If for the classical crystals the dispersion relations have already been constructed, then for the carbon and nanostructured materials the construction of such models is an important issue. Based on these assumptions, we propose the consideration of the energy levels of such structures using One-Electron approximation, in which the electron spectrum can be described by the Schrödinger equation.

Today undoped crystalline semiconductor materials containing a negligible amount of impurities have been well studied, and Kronig-Penney model used in the one-dimensional case, in principle, allows us to give a general description of the energy distribution within a reciprocal lattice of infinite atomic chain. However, the question for the finite and, especially, defective and doped semiconductor has not been decided fully. In this regard, some refinements should be introduced to the model.

The authors proposed to input the cosine disturbance into the electron wave function by adding the corresponding factor containing the parameter n , which varies on the degree of crystal conduction abnormalities. As the result of the model performing, the band structure for the parameter $n = 0.06$ has been obtained and compared with such diagram for the classical model, all other parameters being equal. The parameter of modelling the number of impurity atoms in the periodic crystal lattice shows how the upper energy bands change. For large values of it (more than 0.001), there is a noticeable deflection in zones and a change of the whole dispersion picture, which corresponds to the heavily doped semiconductors. The limiting case of model consideration with zero percent impurity concentration (undoped semiconductor, $n = 0$) allows us to plot the band structure, as well as to derive the transcendental equation coinciding with results obtained using the classical Kronig-Penney model under the same other parameters.

Keywords: a model of defective crystals, transcendental equation, band structure, doped silicon.

References

1. Razumov V. F. and Alfimov M. V. Progress in the field of research and development of organic and hybrid materials for nanophotonics, *Proceedings of MIPT*, **3** (4), 22 (2011).
2. Schulz G. L., Urdanpilleta M., Fitzner R., Brier E., Mena-Osteritz E., Reinold E., and Bauerle P., Optimization of solution-processed oligothiophene:fullerene based organic solar cells by using solvent additives, *Beilstein J. Nanotechnol*, **4**, 680 (2013).
3. Khlyabich P. P., Burkhart B., Rudenko A. E., Thompson B. C., Optimization and simplification of polymer-fullerene solar cells through polymer and active layer design, *Polymer*, **54**, 5267 (2013).
4. Ridley B. K. *Quantum processes in semiconductors*, 430 p. (OUP, Oxford, 2013).
5. Kronig R. de L. and Penney W. G., Quantum mechanics of electrons in crystal lattices, *Proceedings of the Royal Society A. Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, **130** (814), 499 (1931).
6. Sapoval B. and Hermann C. *Physics of semiconductors*, 320 p. (Springer-Verlag, NY, 1994).
7. Manasreh O. *Semiconductor heterojunctions and nanostructures*, 554 p. (McGraw-Hill, NY, 2005).
8. Shevchenko A. I. and Mazinov A. S., The absorption in the infrared range of the optical spectrum by non-crystalline semiconductors due to the presence of defect centers, *Proceedings of the IX International Conference "Amorphous and Microcrystalline Semiconductors"* (St. Petersburg, 2014), 73.
9. Mazinov A. S. and Shevchenko A. I. Examination of absorption spectra of amorphous silicon in the infrared range, *Proceedings of the Int. Conference "Nanomaterials: Applications and Properties"* (Sumy – Lviv, 2014), 02NEA02.
10. Mazinov A., Shevchenko A., Bahov V., Quantum interactions of optical radiation with the defect centres in the tails of the forbidden band of amorphous materials, *Optica Applicata*, **44** (2), 327 (2014).
11. Mazinov A. S., Shevchenko A. I., Terukov E. I., The influence of defects on the energetic spectrum of noncrystalline semiconductors, *J. Nanoelectron. Optoelectron*, **9** (6), 778 (2014).
12. Shevchenko A. I., Mazinov A. S., Orlenson V. B., Shadrin A. A., Potapov R. A., The Kronig-Penney model for the description of nanocrystalline semiconductor materials, *25th International Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology". Conference Proceedings*, (Sevastopol, 2015), 701.
13. Kelsall R., Hamley I. W., Geoghegan M. *Nanoscale science and technology*, 472 p. (John Wiley & Sons, Chichester, 2005).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Баевский Михаил Юрьевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. х. н., доцент кафедры органической и биологической химии, e-mail: b_m_y@mail.ru
Бакунова Анна Васильевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Бернов Александр Владимирович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», выпускник кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий
Бурда Виктор Евстафьевич	Государственное унитарное предприятие «Садовод», зам. директора
Грабовская Елена Юрьевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент, заведующая кафедрой медико-биологических основ физической культуры, e-mail: grabovskaya13@mail.ru
Елкина Наталья Маратовна	Медицинская академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., преподаватель подготовительных курсов, e-mail: nataleiolkina@gmail.com
Закирова Нигора Расул кизи	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант кафедры общей и физической химии, e-mail: nigora@mail.ru
Залевская Ирина Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры биохимии
Кайда Анна Ивановна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Карпенко Николай Иванович	Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. т. н., доцент кафедры теоретической физики и физики твердого тела, e-mail: weber-123@mail.ru

Кобечинская Валентина Григорьевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры экологии и зоологии
Коношенко Светлана Владимировна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор кафедры биохимии
Кучер Евгения Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: evgenia.kucher@gmail.com
Лобзикова Виктория Евгеньевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант факультета физической культуры и спорта
Лукьяненко Владимир Андреевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. ф.-м. наук, доцент кафедры дифференциальных уравнений и геометрии, e-mail: art-inf@mail.ru
Мазинов Алим Сеит- Меметович	Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. т. н., доцент кафедры радиофизики и электроники, Научно-образовательный центр ноосферологии и устойчивого ноосферного развития, научный сотрудник, e-mail: mas@crimea.edu
Максимова Елена Михайловна	Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. ф.-м. н., доцент кафедры теоретической физики и физики твердого тела, e-mail: lenamax112@rambler.ru
Малыгина Вера Ильиничка	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры теории и методики адаптивной физической культуры, физической реабилитации и оздоровительных технологий
Мамаева Валентина Владимировна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», выпускница факультета физической культуры и спорта, e-mail: grabovskaya13@mail.ru
Меметов Дилявер Ремзиевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант кафедры органической и биологической химии, e-mail: memetov.d@mail.ru

Михайлова Анна Андреевна	Таврическая академия (структурное подразделение), ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Мишин Николай Петрович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», старший преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры
Нагаева Елена Ивановна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
Наухацкий Игорь Анатольевич	Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», зав. лаб. лаборатории РСА кафедры теоретической физики и физики твердого тела, e-mail: nauhatsky@gmail.com
Омельченко Александр Владимирович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., ведущий специалист кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: omelchenko_tnu@mail.ru
Омельченко Светлана Олеговна	ГБОУ ДПО РК «Крымский республиканский институт постдипломного педагогического образования», к. б. н., старший преподаватель кафедры естественно-математического образования, e-mail: omesol@ukr.net
Орленсон Вульф Борисович	Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант кафедры радиофизики и электроники, e-mail: wolf.orson@mail.ru
Отурина Ирина Павловна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Павленко Владимир Борисович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор, заведующий кафедрой общей психологии
Панов Денис Александрович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. х. н., доцент кафедры общей и физической химии факультета биологии и химии, e-mail: panovda@crimea.edu

Работягов Константин Васильевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. х. н., доцент кафедры общей и физической химии факультета биологии и химии, e-mail: rabotyagov@simfi.net
Сай Елена Викторовна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант кафедры общей и физической химии факультета биологии и химии, e-mail: krykun93@mail.ru
Сарнит Елена Александровна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. х. н., доцент кафедры общей и физической химии, e-mail: easarn@crimea.edu
Снапков Павел Васильевич	ЗАО «МедсиФитнес», Российская Федерация, г. Москва, практикующий реабилитолог, e-mail: snapkov.pavel@gmail.com
Соловей Ян Николаевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Татаренко Яна Игоревна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистрант кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Темурьянц Наталья Арменаковна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», д. б. н., профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur328@gmail.com
Теплицкая Людмила Михайловна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Тимуш Ирина Яковлевна	КРУ «Дом ребенка “Елочка”», практический психолог
Туманянц Каринэ Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., директор научно-исследовательского центра экспериментальной физиологии и биотехнологий, e-mail: timur328@gmail.com

Хусаинов Денис Рашидович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Черный Сергей Васильевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
Чмелёва Светлана Ивановна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Шевченко Алексей Иванович	Физико-технический институт (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», ассистент кафедры радиофизики и электроники, e-mail: alsheva@i.ua
Шейкина Надежда Валерьевна	Национальный фармацевтический университет, к. б. н., ассистент, e-mail: sheykina@ukr.net
Эйсмонт Евгения Владимировна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», к. б. н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Юркова Ирина Николаевна	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Научно-исследовательский центр экспериментальной физиологии и биотехнологий, к. т. н., старший научный сотрудник, e-mail: nanosilver@rambler.ru

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Грабовская Е. Ю., Снапков П. В., Мамаева В. В.**
ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ МУЖЧИН
С ОСТЕОХОНДРОЗОМ ПОЯСНИЧНО-КРЕСТЦОВОГО ОТДЕЛА
ПОЗВОНОЧНИКА.....3
- Елкина Н. М., Коношенко С. В.**
СОСТОЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В ЭРИТРОЦИТАХ ПРИ
ОТДЕЛЬНЫХ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ
ЗАБОЛЕВАНИЯХ..... 14
- Малыгина В. И., Бернов А. В.**
ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ
БОЛЬНЫХ НА САНАТОРНО-ПОЛИКЛИНИЧЕСКОМ ЭТАПЕ.....21
- Михайлова А. А., Тимуш И. Я., Павленко В. Б.**
ЭЭГ-КОРРЕЛЯТЫ ТЕМПЕРАМЕНТА У ДЕТЕЙ-СИРОТ В ВОЗРАСТЕ ОТ
ПОЛУТОРА ДО ТРЕХ ЛЕТ.....29
- Омельченко С. О., Залевская И. Н.**
ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ НИТРОЗАМИНОВ
НА ИЗМЕНЕНИЕ АЗОТИСТОГО ОБМЕНА В ТКАНЯХ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ...39
- Татаренко Я. И., Отурина И. П., Теплицкая Л. М.**
ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА «ЭМБИКО» НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН
ОГУРЦОВ (*CUCUMIS SATIVUS L.*) СОРТОВ КОНКУРЕНТ И ФЕНИКС49
- Хусаинов Д. Р., Темурьянц Н. А., Туманянц К. Н.**
ОСОБЕННОСТИ ПРОТИБОЛЕВОЙ АКТИВНОСТИ АСПИРИНА
У КРЫС-САМОК В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ЭКРАНИРОВАНИЯ.....56
- Черный С. В., Мишин Н. П., Нагаева Е. И., Лобзикова В. Е.**
ОЦЕНКА СКОРОСТНЫХ И СИЛОВЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО
ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ТАЙСКИМ БОКСОМ.....65
- Чмелёва С. И., Кучер Е. Н., Соловей Я. Н.**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТА ЦИРКОН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM L.*).....73
- Sheykina N. V.**
INFLUENCE OF ALTERNATIVE ELECTRIC FIELDS OF DIFFERENT DIRECTIONS
ON THE CRESS ROOTS GRAVITROPIC REACTION IN HORIZONTAL STATIC
MAGNETIC FIELD81
- Эйсмонт Е. В., Бакунова А. В., Кайда А. И.**
ОТРАЖЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ В ХАРАКТЕРИСТИКАХ
ЭЭГ У ДЕТЕЙ 5-9 ЛЕТ.....88

Юркова И. Н., Омельченко А. В. ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕЛЕНА И СЕЛЕНИТА НАТРИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ	99
---	----

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бурда В. Е., Панов Д. А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРИОКОНЦЕНТРАТОВ И РЕЗЕРВУАРНЫХ ЛИКЁРОВ.....	107
Закурова Н. Р., Меметов Д. Р., Сарнит Е. А., Баевский М. Ю. СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЛАНТАНА(III) И НЕОДИМА(III) С ПРОИЗВОДНЫМИ 2-(1 <i>H</i> -БЕНЗИМИДАЗОЛ-1-ИЛ)АЦЕТОГИДРАЗИДА.....	114
Работягов К. В., Сай Е. В., Максимова Е. М., Наухацкий И. А., Карпенко Н. И., Шевченко А. И., Мазинев А. С. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ КРЕКИНГОМ	125
Шевченко А. И., Орленсон В. Б., Мазинев А. С., Лукьяненко В. А. МОДИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ КРОНИГА-ПЕННИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ АТОМНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ	132
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	140
СОДЕРЖАНИЕ	145