

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
КРЫМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА имени В. И. ВЕРНАДСКОГО.
БИОЛОГИЯ. ХИМИЯ
Научный журнал

Том 6 (72), № 1

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

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, 2020

Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ № ФС77-61791 от 18 мая 2015 года.
Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Учредитель – ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
Печатается по решению Научно-технического совета Крымского федерального
университета имени В. И. Вернадского, протокол № 1 от 5 марта 2020 г.**

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы
основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание
ученой степени доктора наук, отрасль науки 03.02.00 – общая биология, 03.03.00 – физиология,
02.00.00 – химические науки, дата включения – 12.07.2017, а также в систему «Российский индекс
научного цитирования» (РИНЦ)

**Редакционная коллегия журнала «Ученые записки Крымского федерального
университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия»:**

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

Ответственный секретарь – Туманянц К. Н., к. б. н., доц.

Технический редактор – Ярмлюк Н. С., к. б. н., доц.

Раздел «Биология»:

1. Диатроптов Михаил Евгеньевич, д. б. н., с. н. с.
2. Ивашов Анатолий Васильевич, д. б. н., проф.
3. Колесников Сергей Ильич, д. с-х. н., проф.
4. Коношенко Светлана Владимировна, д. б. н., проф.
5. Коренюк Иван Иванович, д. б. н., проф.
6. Котов Сергей Федорович, к. б. н., доц.
7. Лебедева Наталья Николаевна, д. б. н., проф.
8. Новоселов Владимир Иванович, д. б. н., проф.
9. Павленко Владимир Борисович, д. б. н., проф. (редактор раздела «Биология»)
10. Перов Сергей Юрьевич, д. б. н., в. н. с.
11. Плуатарь Юрий Владимирович, д. б. н., член-корр. РАН
12. Рубцова Нина Борисовна, д. б. н., проф.
13. Рябинина Зинаида Николаевна, д. б. н., проф.

Раздел «Химия»:

14. Гришковец Владимир Иванович, д. х. н., проф. (редактор раздела «Химия»)
15. Гусев Алексей Николаевич, д. х. н., проф.
16. Еременко Игорь Леонидович, академик РАН
17. Земляков Александр Евгеньевич, д. х. н., проф.
18. Кукушкин Вадим Юрьевич, член-корр. РАН
19. Новоторцев Владимир Михайлович, академик РАН
20. Панюшкин Виктор Терентьевич, д. х. н., проф.
21. Шульгин Виктор Федорович, д. х. н., проф.

Подписано в печать 10.03.2020. Формат 70x100 1/16.

Заказ № НП/126. Тираж 50. Индекс, цена.

Дата выхода в свет «__» _____ 2020 г.

Отпечатано в управлении редакционно-издательской деятельности

ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского»

Адрес редакции, издательства и типографии:

295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7

<http://sn-biolchem.cfuv.ru>

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

Биология. Химия. Том 6 (72). 2020. № 1. С. 3–13.

УДК 58.009

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-3-13

ГЕТЕРОГЕННОСТЬ СТРУКТУРЫ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *Satureja montana* L. SUBSP. *TAURICA* (VELEN.) P. W. BALL [S. *TAURICA* VELEN.] В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТОПАХ ПРЕДГОРНОГО КРЫМА

Абдулганиева Э. Ф., Вахрушева Л. П.

Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: eabdulganieva1993@gmail.com

Изучено состояние 7 ценопопуляций эндемичного и раритетного для Крыма таксона *Satureja montana* L. subsp. *taurica* (Velen.) P.W. Ball., произрастающего на щебнисто-мергелистых склонах, бровках плато, структурном уступе и известняковых глыбах в пределах Предгорного Крыма. Определены онтогенетическая, виталитетная и пространственная структуры, рассчитаны онтогенетические индексы.

Ключевые слова: *Satureja montana* L. subsp. *taurica* (Velen.) P.W. Ball, Предгорье Крыма, онтогенетическая структура, пространственная структура, виталитет популяции.

ВВЕДЕНИЕ

Satureja montana L. (Lamiaceae) – средиземноморский флористический элемент, представляющий агрегатный таксон [1, 2], в состав которого входит и произрастающий на Крымском полуострове эндемичный подвид *S. montana* L. subsp. *taurica* (Velen.) P. W. Ball. Исследования эндемичных и раритетных видов на популяционном уровне в комплексе проблем сохранения биоразнообразия планеты имеют особую значимость, т.к. многообразие их популяционно-структурных адаптаций лежит в основе установления экологических и ценотических границ вида [3] и дает ответ к решению созологических задач. Не менее важным является и практическое значение чабера горного (в т.ч. и крымского подвида): ведётся изучение состава и биологической активности [4–7] чабровых эфирных масел с целью акклиматизации в странах, перспективных для введения его в культуру и выведения новых сортов [8–10].

Широкомасштабное разрушение мест произрастания и эндемичный статус подвида обосновали необходимость включения данного таксона в состав ККрК [11]. *S. montana* subsp. *taurica* – летне-зимнезеленый симподиальный полукустарничек, по

экоморфе – литофит, мезоксерофит и гелиофит [12]. Произрастает на известняковых скалах, каменистых и мергелистых склонах в составе хасмофитных и петрофитно-степных сообществ в большей части Предгорного Крыма, а также – на Южном берегу Крыма и Тарханкутском полуострове [12, 13]. Учитывая, что исследование структуры и жизнестойкости популяций *S. montana* subsp. *taurica* ранее не проводилось [11], авторами статьи была поставлена цель – изучить онтогенетическую, виталитетную и пространственную структуры ценопопуляций *S. montana* subsp. *taurica*, произрастающих в различных экотопах Предгорного Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В вегетативный сезон 2019 года пробные площади для изучения популяционной структуры чабера были заложены в 7 различных точках Предгорья. Экотопы, на которых произрастал *S. montana* subsp. *taurica*, были условно разделены на 3 типа: (1) щебнисто-мергелистые склоны (ЦП 1, 2), (2) известняковые структурные уступы (ЦП 3), бровки плато (ЦП 4, 5), и (3) известняковые глыбы (ЦП 6, 7), табл. 1, рис. 1.

Таблица 1
Локалитеты исследуемых ценопопуляций *S. montana* subsp. *taurica*

№ ЦП	Тип экотопа	Координаты	Площадь ЦП, (м ²)	Крутизна склона, (°), экспозиция	Высота над уровнем моря, (м)
1.	Щебнисто-мергелистый склон, с. Межгорье, (Белогорский район)	44.980709, 34.408154	800	45 Ю-З	411
2.	Щебнисто-мергелистый склон, окр. г. Бахчисарая (Бахчисарайский район)	44.739499, 33.889713	250	20 С-В	279
3.	Известняковый структурный уступ на днище балки, окр. г. Бахчисарая (Бахчисарайский район)	44.739704, 33.890356	400	55 Ю-З	274
4.	Известняковое плато (бровка) горного останца Внутренней гряды, с. Владимировка, (Белогорский район)	45.106126, 34.304452	700	25 Ю	195

Продолжение таблицы 1

5.	Известняковое плато (бровка) горного останца окр. с. Залесное, (Бахчисарайский район)	44.623219, 33.788405	125	15 Ю	164
6.	Известняковая глыба на склоне Внутренней гряды, окр. с. Межгорье, (Белогорский район)	44.980116, 34.408969	90	10 Ю-В	387
7.	Известняковая глыба на горе Байраклы, (Симферопольский район)	44.943750, 34.150690	180	20 Ю	360

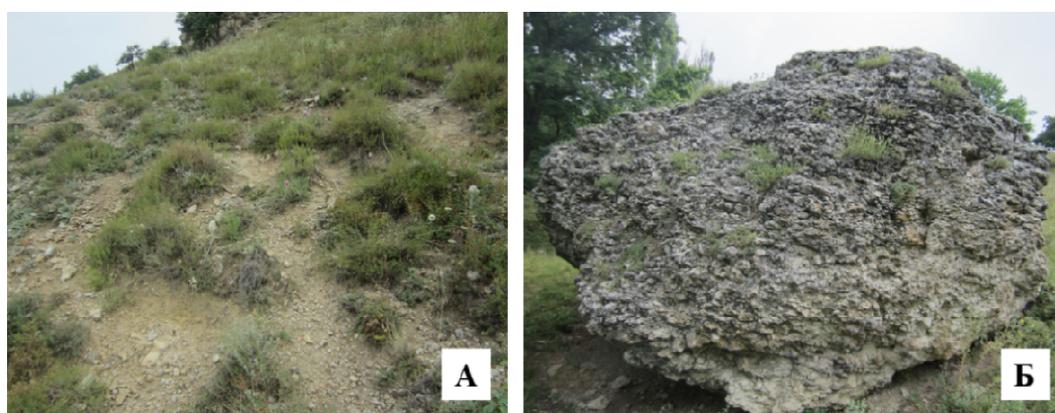


Рис. 1. А – участок ценопопуляции № 1, Б – участок ценопопуляции № 2.

Для изучения онтогенетической структуры популяций нами предварительно была проведена периодизация жизненного цикла *S. montana* subsp. *taurica* согласно принципам, разработанным авторами классической [14–16] и современной [17] биоморфологии. Для каждой популяции были рассчитаны популяционные показатели: индекс возрастности (Δ) [15], индекс эффективности (ω) [18]. Онтогенетическая структура ценопопуляций анализировалась по методике Л. А. Жуковой [19] и по классификации «дельта-омега» [18]. Исследование виталитетной структуры осуществлялось по методике Ю. А. Злобина [20–22]. Для установления типа пространственного размещения особей в популяции использовался индекс Одума (I_0) [23].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общее количество обнаруженных в ценопопуляциях особей на пробной площади на момент исследования колебалось в пределах 41–94 экземпляров, среднее число на 1 м^2 – $3,43 \pm 1,19$. В составе исследуемых сообществ *S. montana* subsp. *taurica* выступает в роли доминанта и эдификатора, доля участия в проективном покрытии которого, колеблется в пределах 20–35%. *S. montana* subsp. *taurica* был обнаружен в составе ассоциаций *Satureetum-lamyroso-bothriochlosum* (ЦП 1, 2), *Satureetum-bothriochlosum* (ЦП 3, 4, 5) и *Satureetum-teucriosum* (ЦП 6, 7). Модальный онтогенетический спектр 7 исследованных ценопопуляций – полночленный, одновершинный, с пиком на зрелых генеративных особях (g_2), рис. 2.

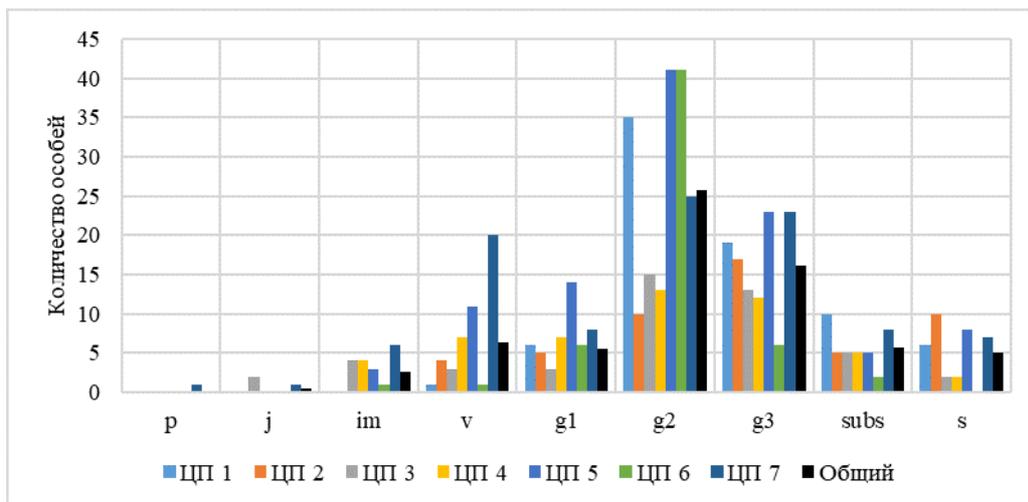


Рис. 2. Возрастные спектры ценопопуляций *S. montana* subsp. *taurica*.

Онтогенетические спектры ЦП известняковых глыб и щебнисто-мергелистых вариантов экотопов имеют различные тенденции в сохранении особей прегенеративного и генеративного периодов. Так, в ЦП 1, 2 (щебнисто-мергелистые склоны) спектр возрастных состояний характеризуется преобладанием генеративных и сенильных особей, поскольку имеет место существенная гибель растений в прегенеративном возрасте (рис. 3). Это, вероятно, связано с экстремальными для проростков и иматурных особей условиями в местообитаниях подобного типа (крутизна склона; дожди, смывающие слабо закрепленные в почве растения, недостаток влаги в течение большей части вегетационного периода). Однако установлено, что на щебнисто-мергелистых склонах создаются достаточно благоприятные условия для развития генеративных растений и медленной элиминации сенильных особей. На известняковых глыбах, в трещинах и углублениях породы, накапливается достаточно влаги и минеральных веществ для развития прегенеративных возрастных состояний (рис. 4). При этом, по мере увеличения вегетативного тела растения, возникает дефицит органических и минеральных веществ, слой почвы оказывается недостаточным для развития

корневой системы, поэтому генеративные и сенильные особи ускоряют темпы жизненного цикла и, как правило, быстро гибнут, выпадая из ценопопуляции. Таким образом, можно предположить, что гетерогенность ценопопуляций на разных экотопах проявляется не только в изменениях ее структурных признаков, но также имеют место и функционально-динамические адаптации: смена к-стратегии прегенеративного периода на г-стратегию в генеративном состоянии. Онтогенетический спектр ценопопуляций в таких экотопах имеет левостороннюю тенденцию и характеризуется доминированием особей прегенеративного и генеративного периодов (ЦП 4, 7), рис. 4, 5.

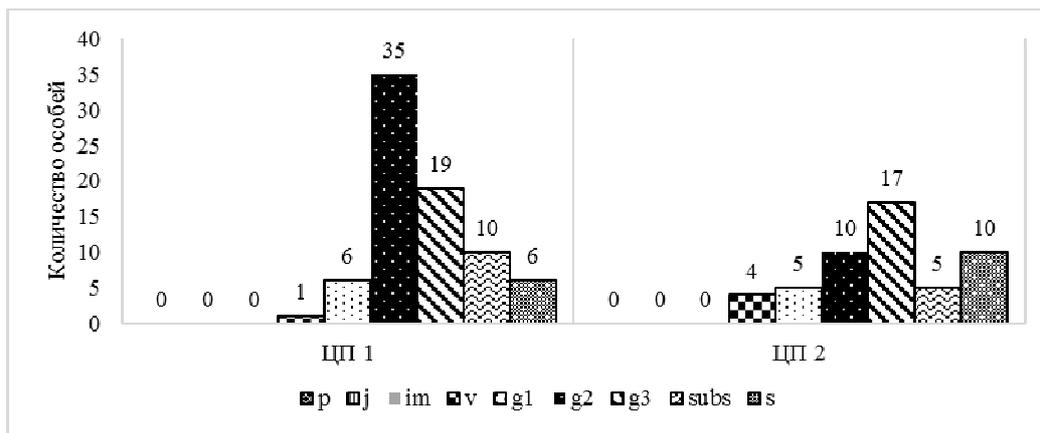


Рис. 3. Возрастной спектр ЦП 1, ЦП 2 (щебнисто-мергелистые склоны).

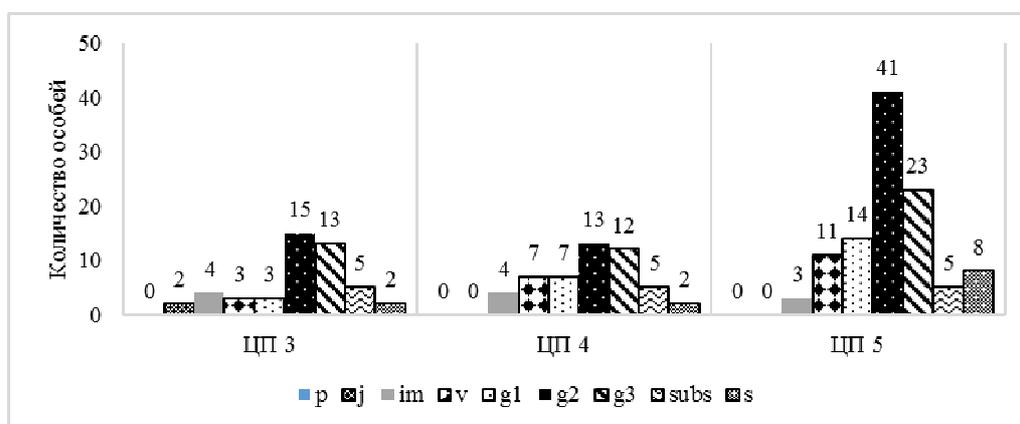


Рис. 4. Возрастной спектр ЦП 3 (известняковый структурный уступ), ЦП 4, ЦП 5 (бровка горного плато).

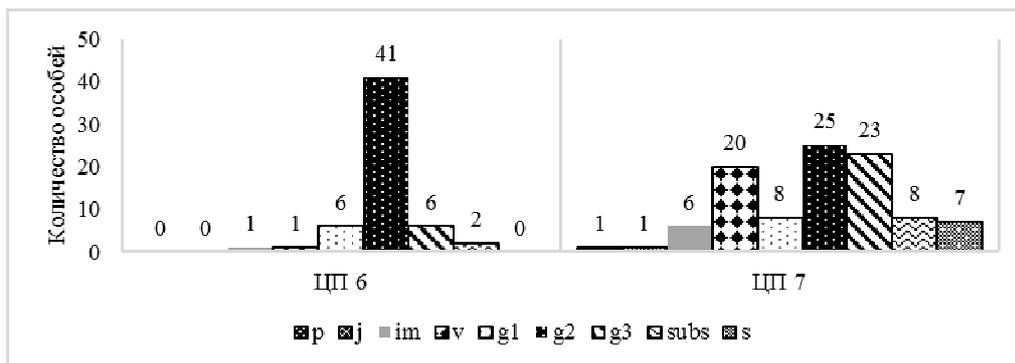


Рис. 5. Возрастной спектр ЦП 6, ЦП 7 (известняковые глыбы).

На основе данных онтогенетических спектров были рассчитаны коэффициент возрастности (Δ) и индекс эффективности (ω). В пространстве «дельта-омега» исследуемые популяции заняли положение переходных, зрелых и стареющих типов популяций (рис. 6).

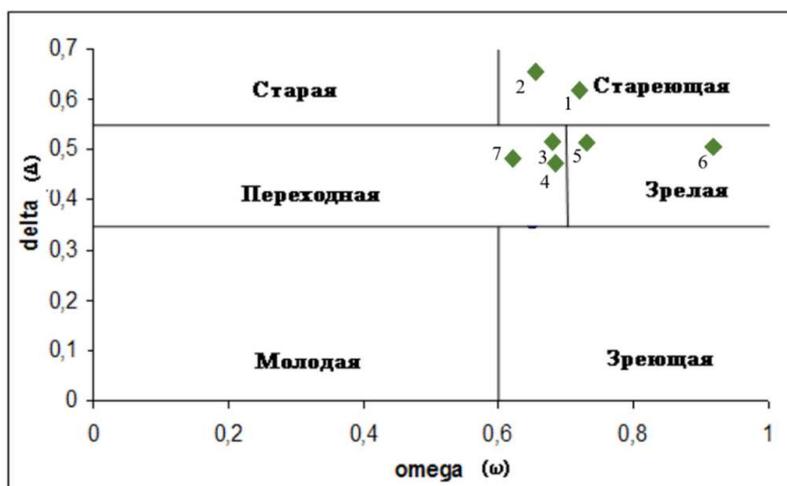


Рис. 6. Типы ценопопуляций *Satureja montana* subsp. *taurica* по классификации «дельта-омега» (1-7 – номер ценопопуляций).

В целом исследуемые ЦП характеризуются высоким значением коэффициента возрастности (Δ 0,49–0,65) и индекса эффективности (ω 0,64–0,91), что объясняется у *S. montana* L. subsp. *taurica* существенной продолжительностью жизни в форме полукустарничковой биоморфы. Подсчёт количества годовых колец главного корня показал, что особи *S. montana* L. subsp. *taurica* способны достигать 30–40 летнего возраста. Большую часть жизненного цикла растение пребывает в генеративном возрастном состоянии, в связи с чем происходит накопление генеративных особей в популяции. Схожие результаты были получены и для

полукустарничка *Hedysarum tauricum* [24]. ЦП, произрастающие на щебнисто-мергелистых склонах (ЦП 1, 2), в связи с малой долей участия прегенеративных особей, вошли в состав «стареющего» типа популяции. Другие ЦП, приуроченные к известняковым глыбам, известняковым уступам и бровкам плато, сгруппировались между «переходным» и «зрелым» типами популяций.

В соответствии с классификацией Л. А. Жуковой, исследуемые ЦП относятся к нормальным, т.к коэффициент возрастности (Δ) получил значения в пределах 0,49–0,65.

Виталитетная структура ценопопуляций была рассчитана для зрелых генеративных особей (g_2). Наиболее подходящими для виталитетного анализа были выбраны признаки, обладающие высокой степенью вариабельности: длина (min. 11,00 мм; max. $33,30 \pm 0,24$ мм), ширина (min 1,70 мм; max. $4,68 \pm 0,03$ мм) листовой пластинки и длина генеративного побега (min 5 см; max. $33 \pm 0,33$ см). Соотношение особей наивысшего (a), промежуточного (b) и низшего классов виталитета в ЦП *S. montana* L. subsp. *taurica* представлено на рис. 7.

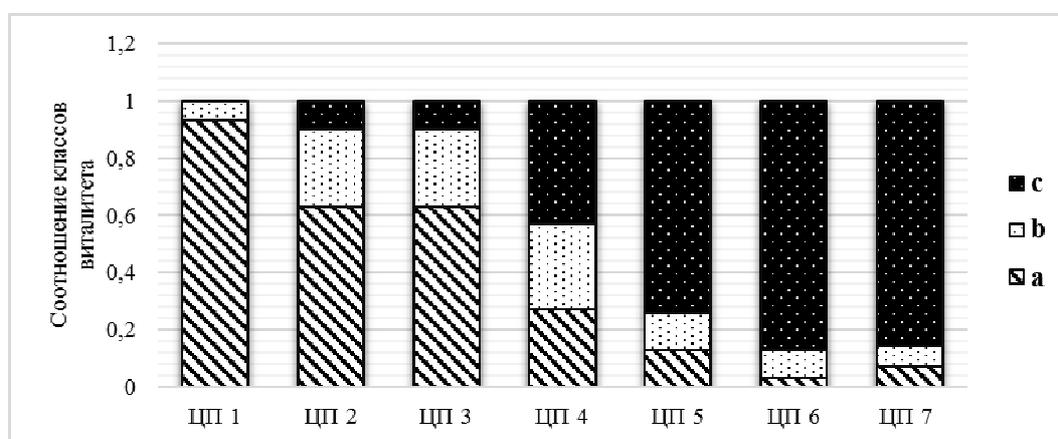


Рис. 7. Виталитетная структура ценопопуляций *Satureja montana* subsp. *Taurica* (ЦП – ценопопуляция).

Постепенное снижение доли участия наивысшего (a) и промежуточного классов виталитета происходит с одновременным повышением доли участия особей низшего класса от ЦП 1 к ЦП 7. Соотношения виталитетных классов в ЦП 1, 2, 3 соответствуют процветающему, в ЦП 4 – равновесному, в ЦП 5, 6, 7 – депрессивному типам популяции.

Расчет виталитетного качества популяций также показал постепенное снижение значений индекса Q ($a+b/2$) по мере смены типов экотопа от мергелистых склонов к известняковым глыбам (рис. 8). Так максимальное значение индекса Q характерно для ЦП 1, 2 ($Q = 0,5; 0,45$, соответственно). В петрофитных сообществах (ЦП 3, 4, 5) происходит существенное снижение индекса Q с 0,45 до 0,13. В ЦП 6,7, произрастающих в хасмофитных группировках, характерно минимальное значение индекса $Q = 0,06$ (рис. 8).

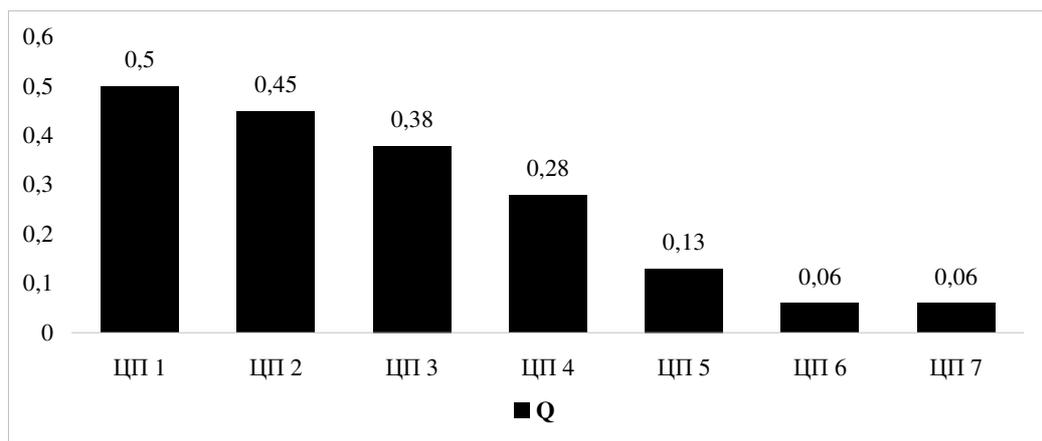


Рис. 8. Q – Индекс виталитетного качества популяции.

Исследование пространственной структуры ЦП позволило выявить, что для ЦП 3, 4, 6, 7 (I_0 колеблется от 2,26 до 3,10) характерен групповой характер пространственного распределения особей. Значение индекса I_0 (1,5; 1,31) для ЦП № 2, 7, подверженных антропогенному прессу, соответствует случайному типу. В ЦП 1, произрастающей на щебнисто-мергелистом склоне, особи *S. montana* L. subsp. *taurica* распределены равномерно (I_0 - 0,91).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изученные ценопопуляции *S. montana* L. subsp. *taurica* характеризуются одновершинным онтогенетическим спектром с пиком на зрелых генеративных особях (g_2), при этом ценопопуляции известняковых глыб проявляют тенденции к левостороннему, а щебнисто-мергелистых экотопов – к правостороннему смещению онтогенетических спектров.

Исследуемые ЦП *S. montana* L. subsp. *taurica* по классификации «дельта-омега» относятся к переходным, зрелым и стареющим типам, что обусловливается преобладанием в большинстве из них генеративных и сенильных особей.

Особи *S. montana* L. subsp. *taurica* достигают максимальной реализации виталитетного статуса в составе сообществ, произрастающих на щебнисто-мергелистых экотопах.

По пространственному размещению растения *S. montana* L. subsp. *taurica* преимущественно показывают контагиозный тип. С появлением или усилением негативных факторов, изменяющих среду обитания, характер пространственной структуры сменяется на случайный.

В целом, исследованные ценопопуляции показали сложную гетерогенность популяционно-структурных и функционально-динамических приспособлений, а также специфику их реализации в различных местообитаниях, что свидетельствует

о высокой экологической адаптивности вида и потенциально высокой способности *S. montana* L. subsp. *taurica* выживать даже в самых экстремальных экотопах.

Список литературы

1. Меницкий Ю. Л. Род 27. Чабер *Satureja* L. / Ю. Л. Меницкий // Флора Европ. ч. СССР. Л.: Наука, 1978. – Т. 3. – С. 183–184.
2. List P. H. Hagers handbuch der pharmazeutischen praxis / P. H. List, L. Hörhammer et al. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1979. – 299 p.
3. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста / Ю. А. Злобин. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 266 с.
4. Mihajilov-Krstev T. Chemical composition, antimicrobial, antioxidative and anticholinesterase activity of *Satureja montana* L. ssp. *montana* essential oil / T. Mihajilov-Krstev, D. Radnović, D. Kitić [et al.] // Central European Journal of Biology. – 2014. – Vol. (9) 7. – P. 668–677. DOI: 10.2478/s11535-014-0298-x
5. Sojic B. The effect of winter savory (*Satureja montana* L.) extract on the quality of cooked pork sausages / B. Sojic, V. Tomovic1, B. Pavlic [et al.] // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 333. 012103. – 2019. doi:10.1088/1755-1315/333/1/0121031208-1221.
6. Maccelli A. *Satureja montana* L. Essential Oils: Chemical Profiles/Phytochemical Screening, Antimicrobial Activity and O/W Nano Emulsion Formulations / A. Maccelli, L. Vitanza, A. Imbriano [et al.] // Pharmaceutics. – 2020. – Vol. 12, No 7. – P. 1–20. doi:10.3390/pharmaceutics12010007
7. Vitanza L. *Satureja montana* L. essential oil and its antimicrobial activity alone or in combination with gentamicin. / L. Vitanza, A. Maccelli, M. Marazzato [et al.] // Microb. Pathog. – 2019. – No 126. – P. 323–331.
8. Jelezniak T. Receiving planting material of mountain savory (*Satureja montana* L.) at a vegetative reproduction / T. Jelezniak, Z. Vorniku // Agrobiodiversity. – 2017. – P. 205–209.
9. Марко Н. В. Использование чабера горного (*Satureja montana* L.) при составлении пряных смесей / Н. В. Марко, Н. Н. Бакова, И. А. Федотова // Сборник научных трудов ГНБС. – 2018. – Т. 146. – С. 179–185.
10. Ушакова И. Т. Изменчивость основных хозяйственно ценных признаков у чабера горного (*Satureja montana* L.) сорта Бобрик / И. Т. Ушакова, Л. В. Беспалько, В. А. Харченко // Овощи России. – 2019. – № (3). – С. 25–29.
11. Красная книга Республики Крым: Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. д.б.н., проф. А. В. Ена и к.б.н. А. В. Фатерьга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
12. Голубев В. Н. Биологическая флора Крыма / В. Н. Голубев. – Второе изд. – Ялта: ГНБС, 1996. – 86 с.
13. Определитель высших растений Крыма / Под ред. Рубцова Н. И. – Ленинград: изд-во Наука, 1972. – 549с.
14. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов // Труды БИН АН СССР; Сер. 3. Геоботаника. М.; Л., 1950. – Вып. 6. – С. 179–196.
15. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. – 1975. – № 2. – С. 7–34.
16. Смирнова О. В. Структура травяного покрова широколиственных лесов / О. В. Смирнова. – Наука Москва, 1987. – 208 с.
17. Жукова Л. А. Многообразие путей онтогенеза в популяциях растений / Л. А. Жукова // Экология. – 2001. – № 3. – С. 169–176.
18. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л. А. Животовский // Экология. – 2001. – No 1. – С. 3–7.
19. Жукова Л. А. Динамика ценопопуляций луговых растений в естественных фитоценозах / Л. А. Жукова // Динамика ценопопуляций травянистых растений. – К., 1987. – С. 9–19.
20. Злобин Ю. А. О неравноценности особей в популяциях растений / Ю. А. Злобин // Ботанический журнал. – 1980. – Т. 65, № 3. – С. 311–322.
21. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений / Ю. А. Злобин. – Казань: Изд-во КГУ, 1989а. – 146 с.

22. Злобин Ю. А. Репродукция у цветковых растений: уровень особей и уровень популяций / Ю. А. Злобин // Биологические науки. – 1986. – № 7. – С. 77–89.
23. Одум Ю. Экология / Одум Ю. – М.: изд-во Мир, 1986. – Т.1 – 328 с.
24. Вахрушева Л. П. Морфологические признаки возрастных состояний и онтогенез *Hedysarum tauricum* Pall. ex Willd / Л. П. Вахрушева, Э. Ф. Абдулганиева // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, Серия «Биология, химия». – 2015. – Том 1 (67), № 2. – С. 27–35.

**HETEROGENEITY OF THE COENOPULATIONS STRUCTURE OF
SATUREJA MONTANA L. SUBSP. *TAURICA* (VELEN.) P. W. BALL [*S. TAURICA*
VELEN.] IN DIFFERENT ECOTOPES OF FOOTHILL CRIMEA**

Abdulganieva E. F., Vakhrusheva L. P.

V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
E-mail: eabdulganieva1993@gmail.ru

This work presents the results of a study of 7 coenopopulations of the endemic and rare for the Crimea taxon *Satureja montana* L. subsp. *taurica* (Velen.) P.W. Ball. The studies were carried out in 3 types of ecotope: gravelly-marl slopes, limestone plateaus, structural scarps and limestone boulder in the Crimean Foothills. Determined the ontogenetic, vitality, spatial structures and calculated the ontogenetic indices.

A population age and efficiency indices were calculated for each population. The ontogenetic structure of coenopopulations was analyzed by the method of L. A. Zhukova and according to the L. Zhivotovsky classification “delta omega”. The study of the vitality structure was carried out according to the Zlobin Yu. A. method. The type of spatial distribution of individuals in the population was defined on the Odum index.

As a result, we revealed that coenopopulations of *S. montana* L. subsp. *taurica* are characterized by a single-peak ontogenetic spectrum with a peak on mature generative individuals (g2). However, the populations of limestone boulder have a tendency towards left-sided shift of ontogenetic spectra but gravelly-marl ecotopes toward a right-sided shift of ontogenetic spectra.

S. montana L. subsp. *taurica* coenopopulations, according to the classification “delta omega” refers to the transitional, mature and aging types. This is due to the high participation of generative and senile individuals in the composition of the majority populations.

Individuals *S. montana* L. subsp. *taurica* reach maximum realization of vital status in phytocoenosis growing on gravelly-marl ecotopes.

Individuals of *S. montana* L. subsp. *taurica* in the studied communities have aggregated (contagious) distributions. When negative factors that change the environment (ecotope) appear or intensify, the type of spatial structure changes to a random distribution.

In general, the studied coenopopulations showed a complex heterogeneous structure that allows the species to grow in various habitats. The results indicate a high ecological

adaptability of the species and a potentially high ability of *S. montana* L. subsp. *taurica* survive even in the most extreme natural ecotopes.

Keywords: *Satureja montana* L. subsp. *taurica* (Velen.) P.W. Ball, Crimean Foothills, ontogenetic structure, spatial structure, population vitality.

References

1. Menitsky Yu. L. Genus 27. Savory *Satureja* L. *Flora of European Part of USSR* L., **3**, p. 183 (Nauka, Leningrad, 1978).
2. List P. H., Hörhammer L. et al. *Hagers handbuch der pharmazeutischen praxis*, 299 p (Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1979)
3. Zlobin Y. A. *Population ecology of plants: modern state, points of growth*, 263 p (Universitetska kniga, Sumy, 2009).
4. Mihajilov-Krstev T. Chemical composition, antimicrobial, antioxidative and anticholinesterase activity of *Satureja montana* L. ssp *montana* essential oil *Central European Journal of Biology*, **(9) 7**, 668 (2014)
5. Sojic B. The effect of winter savory (*Satureja montana* L.) extract on the quality of cooked pork sausages, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **333**. 012103. (2019).
6. Maccelli A. *Satureja montana* L. Essential Oils: Chemical Profiles/Phytochemical Screening, Antimicrobial Activity and O/W Nano Emulsion Formulations, *Pharmaceutics*, **12**, **7**, 1 (2020).
7. Vitanza L. *Satureja montana* L. essential oil and its antimicrobial activity alone or in combination with gentamicin, *Microb. Pathog.*, **126**, 323 (2019).
8. Jelezniak T., Vorniku Z. Receiving planting material of mountain savory (*Satureja montana* L.) at a vegetative reproduction, *Agrobiodiversity*, p. 205 (2017).
9. Marco N. V., Bakova N. N. The use of the in the *Saturea montana* L. preparation of spicy mixtures, *Woks of the State Nikit. Botan. Gard.*, **146**, p. 179 (2018).
10. Ushakova I. T., Bepalko O. V., Kharchenko V. A., Molchanova A. V. and Levko G. D. Variability of the main agronomic valuable traits of mountain savory (*Satureja montana* L.) in «Bobrik» varieties. *Vegetable crops of Russia*, **3**, p. 25 (2019).
11. Ed. by Dr. Sci., Prof. Yena A. V. & Dr. Fateryg A. V., *Red book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi*, 480 p (ARIAL LLC, Simferopol, 2015).
12. Golubev V. N. *The biological flora of the Crimea*, 126 p (GNBS, Yalta, 1996).
13. Ed. Rubtsova N. I. *Key for higher plants of Crimea*, 549 p. (Publishing House of Science, Leningrad, 1972).
14. Rabotnov T. A. The Life Cycle of Perennial Herbaceous Plants in Meadow Cenoses, *Works of BIN AN SSSR*, **3**, **6**, 7 (1950).
15. Uranov A. A. Age range of coenopopulations as a function of time and energy wave processes, *Biological Sciences*, **2**, 7 (1975).
16. Smirnova O. V. *Grass cover structure of broad-leaved forests*, 208 p. (Nauka, Moscow, 1987).
17. Zhukova L. A. The diversity of ontogenesis pathways in plant populations, *Ekologiya*, **3**, 169 (2001).
18. Zhivotovsky L. A. Ontogenetic states, effective density and classification of plant populations, *Ecology*, **1**. 3 (2001).
19. Zhukova L. A. Dynamics of coenopopulations of field plants in natural communities. In: T. I. Serebriakova (ed.). *Dynamics of coenopopulations*, 9 (Nauka, Moscow, 1987).
20. Zlobin Yu. A. On the inequality of individuals in plant populations, *Botanical Journal*, **65**, **3**, 311 (1980).
21. Zlobin Yu. A. *Principles and methods of studying coenotic plant populations*, 146 p (KGU Publishing House Kazan, 1989).
22. Zlobin Yu. A. Reproduction in flowering plants: the level of individuals and the level of populations, *Biological Sciences*, **7**, 77 (1986).
23. Odum Yu., *Ecology*, **1**, 328 p (Mir Publishing House, Moscow, 1986).
24. Vakhrusheva L. P., Abdulganieva E. F., Morphological criteria of age status and ontogenesis of *Hedysarum tauricum* Pall. Ex Willd (Crimea), *Scientific notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Series Biology, Chemistry*, **1 (67)**, **2**, 27 (2015).

УДК 578.08

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-14-25

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СЕМЯН У НЕКОТОРЫХ ВИДОВ *LATHYRUS* L. НА ЮЖНОМ КАВКАЗЕ (АЗЕРБАЙДЖАН)

Аллахвердиева Г. Ф., Аскеров А. М.

Институт Генетических Ресурсов НАН Азербайджана, Баку, Азербайджан
E-mail: gunel.allahverdiyeva@yandex.ru

Впервые проведена микроморфологическая структура семян у 10 видов (*L. annuus*, *L. cicera*, *L. hirsutus*, *L. tuberosus*, *L. miniatus*, *L. pratensis*, *L. laxiflorus*, *L. aphaca*, *L. nissolia*, *L. sphaericus*), принадлежащие к секции (*Lathyrus*, *Pratensis*, *Aphaca*, *Nissolia*, *Linearicarpus*) *Lathyrus* L., собранным из различных регионов Азербайджана. В ходе исследования под стереомикроскопом были выявлены морфологические признаки, а также общая форма, размер и цвет семян, длина и ширина рубчика. Самые большие семена были измерены в секции *Lathyrus* (*L. cicera* 4,4–5,0 мм) и самые маленькие семена в секции *Nissolia* (*L. nissolia* 1,8–2,3 мм). Самый длинный рубчик принадлежит *L. miniatus* 1,8–2,8 мм, а самый маленький – *L. nissolia* 0,4–0,7 мм. Ширина рубчика была измерена в *L. annuus* (0,7–1,0 мм) и узкий рубчик у *L. nissolia* (0,1–0,3 мм). Структура поверхности, форма бугорков, плотность бугорков, рубчик и восковой слой были исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Папиллы крупные и низкие, конические, тупые, пупочные. Результаты показали, что микроскопическое исследование поверхности семян имеет таксономическое значение и используется при уточнении статуса секций.

Ключевые слова: микроморфология семян, чина, Азербайджан, СЭМ, виды.

ВВЕДЕНИЕ

Известно более 200 видов *Lathyrus* L. (*Fabaceae*), в основном распространенных в Средиземноморском регионе [1–3]. Во флоре Азербайджана род *Lathyrus* представлен 24 видами [4–6]. Этот род был разделен на 9 секций (Sect. *Lathyrus*, Sect. *Lathyrostylis*, Sect. *Linearicarpus*, Sect. *Orobon*, Sect. *Aphaca*, Sect. *Nissolia*, Sect. *Orobastrum*, Sect. *Orobus*, Sect. *Pratensis*) [2, 7–9]. В последнее время было проведено несколько интересных исследований по микроморфологическим особенностям (поверхность, размер, форма и длина рубчика) семян видов *Lathyrus* [10–13]. В результате изучения этих исследований с помощью СЭМ было выявлено много интересных результатов. Исследования Бриссона и Петерсона [14] выявили генетические различия в популяциях, относящихся к разным географическим регионам. Исследования различных видов *Fabaceae* показали, что микроморфология семян, и особенно структура их поверхности, имеет таксономическое значение для дифференциации некоторых таксонов [10, 15–18].

Лерстен и Ганн [18] исследовали не только поверхность семян, но и морфологию рубчиков 100 видов, принадлежащих к 4 родам в трибе *Vicieae*. Бутлер [19] выявил различия в анатомии семенного покрова среди экземпляров,

представляющих идентичные виды из разных популяций у 36 видов *Viciae*. Он определил, что ширина и глубина рубчика играют важную роль в дифференциации видов.

Кислев и Хопф [17] определили, что виды *L. cicera* и *L. sativus* также сильно различаются по структуре своих семян. Чернофф и др. [10] исследовали в общей сложности 99 таксонов (50 таксонов *Vicia*, 39 *Lathyrus*, 6 *Lens* и 4 таксона *Pisum*), принадлежащих к четырем родам в трибе *Viciae*, выращенных на Ближнем Востоке. Они изучили 99 образцов различных морфологических свойств, включая размер семян, общую форму, форму и длину рубчика.

Цитологические исследования показали, что все виды были диплоидными с $2n = 14$ хромосомами, с редкими исключениями – полиплоидными [3, 20–24].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами исследования являются образцы семян, принадлежащих к видам *Lathyrus*, собранные во время экспедиций в различные регионы Азербайджана в 2015-2018 годах. Также мы использовали в своей работе образцы семян, хранящихся в Генбанке Института Генетических Ресурсов Национальной Академии Наук Азербайджанской Республики. Исследования проводились на 10 видах, относящихся к 5 секциям (Таблица 1). Морфологические признаки секции были проанализированы по Купиче с некоторыми дополнениями. Образцы были идентифицированы по «Флоре Азербайджана» [25] и «Флоре Кавказа» [26].

Таблица 1
Распределение в мире, места сбора и координаты семян *Lathyrus*

Секции	Виды	Распределение видов в мире	Места сбора и координаты
1	2	3	4
<i>Lathyrus</i>	<i>L. annuus</i> L.	Средиземное море, Кавказ, Европа, Ближний Восток, Азия, Северная Африка	Геогчайская область, деревня Гараязи; N 40°37.186'; E 47°59.107'; В 173 м
	<i>L. cicera</i> L.	Средиземное море, Кавказ, Европа, Ближний Восток, Азия, Северная Африка	Лерикский район, деревня Галесар; N 38°41.415'; E 48°23.790'; В 1350 м
	<i>L. hirsutus</i> L.	Азия, Кавказ, Европа, Северная Африка	Территория Имишлинского района; N 39°45.222'; E 47°53.896'; В 10 м
	<i>L. tuberosus</i> L.	Средиземное море, Кавказ, Европа, Северная Америка	Кубинский район, деревня Владимировка; N 41°23.08'; E 48°32.211'; В 545 м

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
	<i>L. miniatus</i> Bieb. ex Stev.	Кавказ, Азия, Западная Европа	Шабранский район, село Баш Амирханлы, правый берег реки Амирханлы; N 41°07.49'; E 48°55.39'; B 520 м
<i>Pratensis</i> Bassler	<i>L. pratensis</i> L.	Средиземное море, Азия, Кавказ, Европа, Северная Америка	Огузский район, село Дашагыл; N 41°14.513'; E 47°42.252'; B 1010 м
	<i>L. laxiflorus</i> (Desf.) O. Kuntze	Средиземное море, Кавказ, Европа, Юго- Западная Азия, Ближний Восток (Иран)	Шабранский район, село Баш Амирханлы, правый берег реки Амирханлы; N 41°07.49'; E 48°55.39'; B 520 м
<i>Aphaca</i> (Mill.) Dumort.	<i>L. aphaca</i> L.	Средиземное море, Азия, Кавказ, Европа, Северная Африка	Масаллинский район, село Шарафа; N 39°05.208'; E 48°67.377'; B 15 м
<i>Nissolia</i> (Miller) Dumort.	<i>L. nissolia</i> L.	Средиземное море, Азия, Кавказ, Европа, Северная Африка	Шамахинский район, дорога Шамахи-Агсу; N 40°38.550'; E 48°28.450'; B 794 м
<i>Linearic</i> <i>arpus</i> Kupicha	<i>L. sphaericus</i> Retz.	Средиземное море, Азия, Кавказ, Европа, Ближний Восток, Северная Африка	Масаллинский район, деревня Шыхлар, на берегу Вилеш; N 38°58.48'; E 48°33.54'; B 98 м

Для анализа взяты образцы семян 10 видов, собранных из различных популяций. Этот материал был помещен в специальные стерильные бумажные мешочки. В лабораторных условиях была снижена их влажность с помощью силикагелевого вещества.

Во время исследования под стереомикроскопом Leica EZ4D изучались форма, поверхность, размеры и цвет образцов семян, форма, длина и ширина рубчика (рис. 1).

Под сканирующим электронным микроскопом были взяты по 2–3 образца зрелых семян с каждого вида. Семена были помещены на заранее подготовленные столики, покрытые клейкой углеродной лентой. Образцы семян напыляются металлом в течение 1–2 минут на ионно-распылительной установке фирмы JEOL JFC1600. Образцы семян изучались с боковой поверхности. Поверхности их были сфотографированы электронным микроскопом JEOL JSM6610 Iv при увеличении в 3000 раз (рис. 2, 3). В этой работе применены исследования Чернофф и др. [10] и Гюнеш [11–13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

L. pratensis, *L. laxiflorus*, включенные в секции *Pratensis*, а также *L. annuus*, *L. cicera*, *L. hirsutus*, *L. tuberosus*, *L. miniatus* из *Lathyrus*, *L. aphaca* из *Aphaca*, *L. nissolia* из *Nissolia*, и *L. sphaericus* в секции *Linearicarpus*, отличаются морфологическими свойствами семян. Морфологические свойства и структура семенного покрова этих видов приведены в таблицах 2 и 3 и на рисунке 1, 2, 3.

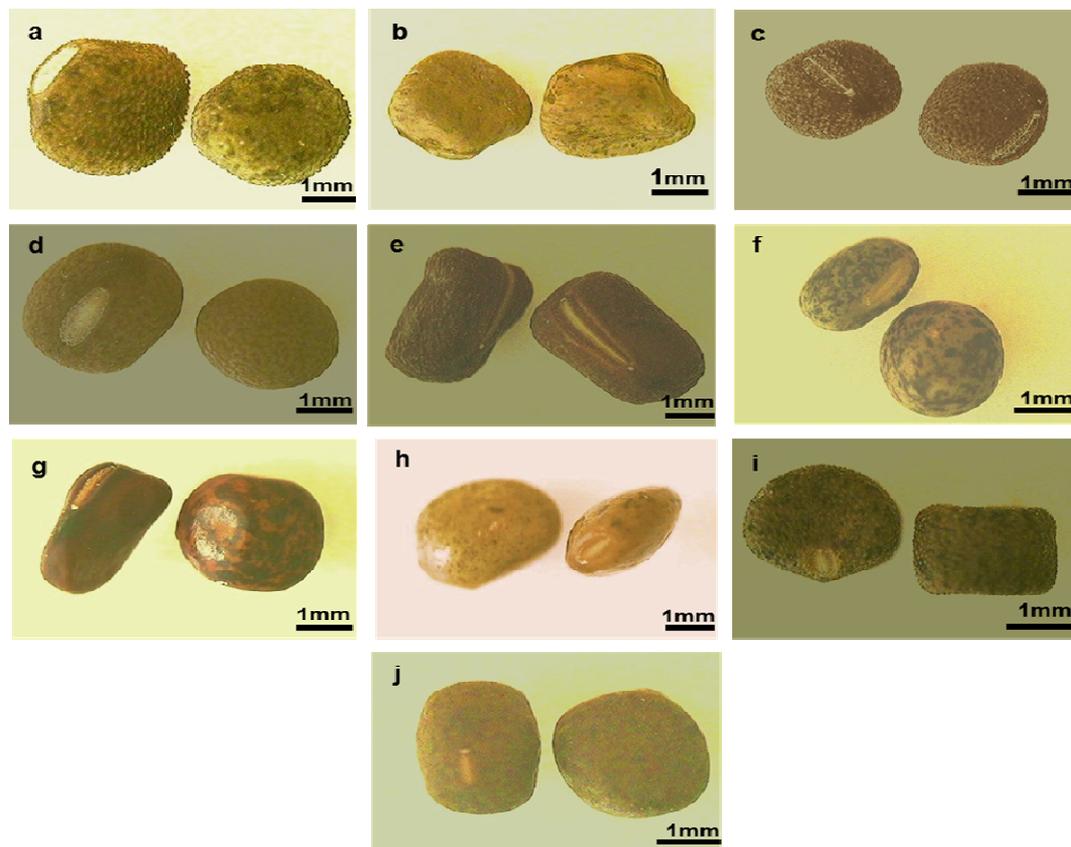


Рис. 1. Общий вид семян в стереомикроскопе. **a** - *L. annuus*; **b** - *L. cicera*; **c** - *L. hirsutus*; **d** - *L. tuberosus*; **e** - *L. miniatus*; **f** - *L. pratensis*; **g** - *L. laxiflorus*; **h** - *L. aphaca*; **i** - *L. nissolia*; **j** - *L. sphaericus*

В ходе нашего исследования были измерены самые большие семена в секции *Lathyrus* (*L. cicera* 4,4–5,0 мм) и самые маленькие семена в секции *Nissolia* (*L. nissolia* 1,8–2,3 мм). Форма семян была разнообразной: эллиптической, круглой, прессованно-угловой и овальной. Цвет семян варьировал от коричневого, темно-коричневого, желтоватого до красновато-коричневого и у некоторых видов семян пятнистые (*L. pratensis*, *L. laxiflorus*, *L. aphaca*, *L. sphaericus*). Поверхность семян – бугорчатая, гладкая, сетчатая. Форма рубчика – эллиптический и овальный. Самый

длинный рубчик принадлежит *L. miniatus* 1,8–2,8 мм, а самый маленький – *L. nissolia* 0,4–0,7 мм. Ширина рубчика измерялась у *L. annuus* (0,7–1,0 мм), а узкий рубчик у *L. nissolia* (0,1–0,3 мм) (Рис. 1, 2; Табл. 2).

Таблица 2
Морфологические особенности семян (со стереомикроскопом) *Lathyrus*

Виды	Размеры (мин – макс) (мм)	Форма	Цвет	Структура поверхности	Форма рубчика	Длина и ширина рубчика (мин-макс) (мм)
1	2	3	4	5	6	7
<i>L. annuus</i>	3,6–4,5	круглые	коричневые	крупно бугорчатые	овальные	1,0–1,6 × 0,7–1,0
<i>L. cicera</i>	4,4–5,0	прессованно -угловой	коричневые	главный	эллипти- ческие	1,0–1,4 × 0,5–0,6
<i>L. hirsutus</i>	3,2–4,0	круглые	коричневые	бугорча- тый	овальные	1,1–1,8 × 0,5–0,9
<i>L. tuberosus</i>	3,4–4,5	эллипти- ческие	коричневые	главный, сетчатый	овальные	1,8–2,0 × 0,5–0,8
<i>L. miniatus</i>	2,0–3,8	эллипти- ческие	темно - коричневый	сетчато- морщинис- той	эллипти- ческие	1,8–2,8 × 0,4–0,6
<i>L. pratensis</i>	3,1–4,5	эллипти- ческие	желтоватый или красновато- коричневый, пятнистый	главный	эллипти- ческие	0,8–1,4 × 0,2–0,5
<i>L. laxiflorus</i>	1,6–3,0	эллипти- ческие	желтоватый или красновато- коричневый, пятнистый	главный	эллипти- ческий	0,5–1,5 × 0,3–0,5
<i>L. aphaca</i>	2,1–3,0	овальные	коричневые, пятнистый	главный	эллипти- ческий	0,7–1,0 × 0,4–0,5

Поверхность семян папиллярная. Папиллы крупные и низкие, конусообразные, тупые, пупочные у *L. cicera*, *L. tuberosus*, *L. miniatus*, *L. pratensis*, *L. laxiflorus*. У *L. nissolia* бугорки пустые, конусообразные, мелкие папиллы второй степени объединяются и образуют крупные бугорчатые папиллы. Поверхность папиллы у *L. aphaca* узкая, большая и низкая, нерегулярно сетчатая. У *L. hirsutus* бугорки и

папиллы второй степени, разбросаны по-разному или образуют бугорчатые формы. Папиллы крупные и низкие, шаровидные или полушаровидные имеются у *L. sphaericus*. У *L. annuus* бугорки плотные, острые, микропапиллярные. Плотность папилл оценивается от средней плотности до более высокой. У *L. cicerca*, *L. tuberosus*, *L. miniatus*, *L. aphaca*, *L. sphaericus* они покрыты восковым слоем (Рис. 2, 3; Таблица 3).

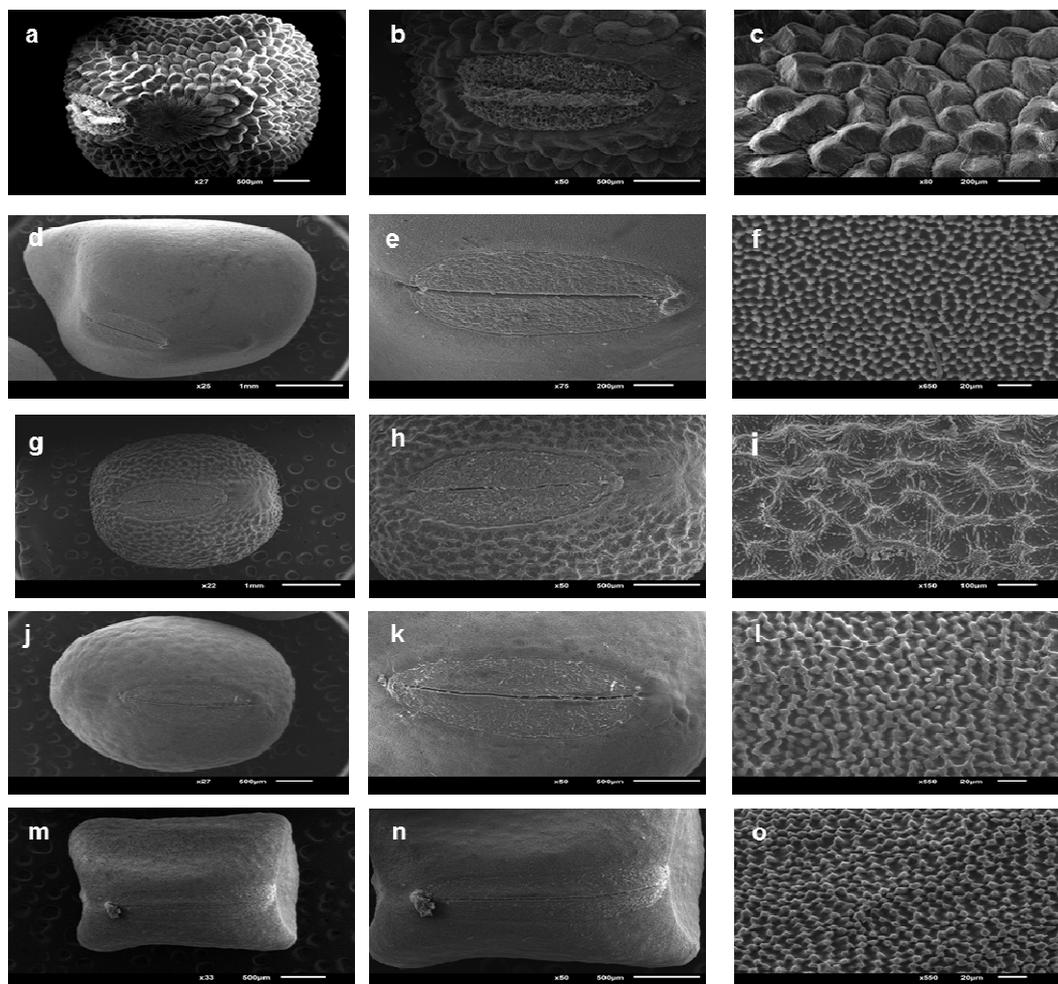


Рис. 2. Общая форма, форма рубчика и скульптура семян исследуемых таксонов (СЭМ). **a–c** *L. annuus*; **d–f** *L. cicerca*; **g–i** *L. hirsutus*; **j–l** *L. tuberosus*; **m–o** *L. miniatus*

Наши результаты соответствуют результатам Чернофф и др. [10] и Гюнеш [12, 13], за исключением *L. sphaericus*. Они определили семена *L. sphaericus* как нерегулярно-сетчатые. В этом исследовании отмечено, что семена *L. sphaericus* являются шаровидными или полушаровидными. Семена *L. pratensis* и *L. laxiflorus*,

принадлежащие к секции *Pratensis*, одинаковы как по морфологическим признакам (по цвету и коже семян), так и по текстуре семенников (Рис. 3; Таблица 2, 3). Абуэль-Энайн и др. [15] определили, что форма семян *L. pratensis* и *L. laxiflorus* не вытянута, Гюнеш и Чирпичи [11] установили ее как эллиптическую. В нашем исследовании форма семян была эллиптическая.

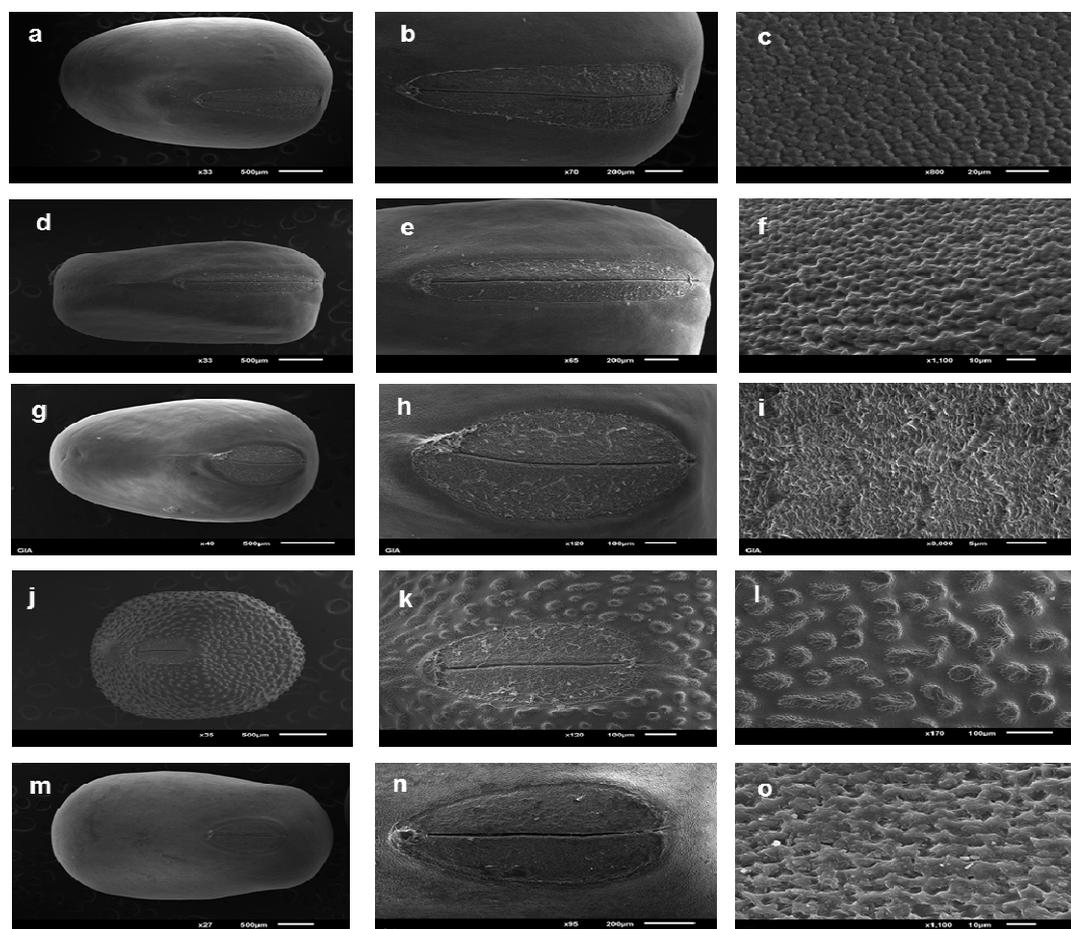


Рис. 3. Общая форма, форма рубчика и скульптура семян исследуемых таксонов (СЭМ). **a–c** *L. pratensis*; **d–f** *L. laxiflorus*; **g–i** *L. aphaca*; **j–l** *L. nissolia*; **m–o** *L. sphaericus*

Наши работы показали, что семена *Lathyrus* имеют круглую, пресованно-угловатую, эллиптическую форму, окрашены в коричневые тона, с бугорчатой, гладкой сетчато-морщинистой поверхностью. Семена *L. annuus* и *L. hirsutus* схожи по морфологическим свойствам и по текстуре кожуры (Рис. 2; Таблица 2, 3). Абуэль-Энайн и др. [15] исследовали также семена этих видов. Наши результаты соответствуют данным этих исследователей.

Таблица 3

Особенности структуры семян, исследованных в СЭМ *Lathyrus*

Виды	Форма папиллы	Плотность папиллы	Разрезы в папиллах	Восковой слой
1	2	3	4	5
<i>L. annuus</i> L.	бугорки плотные, острые, микропапиллярные	формируют холмы, средняя	много неровных разрезов	-
<i>L. cicera</i> L.	большая, конусообразная, длинная	средняя	много, ребристые	с восковым слоем
<i>L. hirsutus</i> L.	бугорки и папиллы второй степени, разбросанные по-разному или формирующий холм	конечная, части плотные	много, неровные разрезы	-
<i>L. tuberosus</i> L.	большая, конусообразная, маленькая	средняя	много, ребристые	некоторые с восковым слоем
<i>L. miniatus</i> Bieb. ex Stev.	большая, конусообразная, маленькая	средняя	много, ребристые	с восковым слоем
<i>L. pratensis</i> L.	большая, маленькая, тупая, пупочная	плотная	много, ребристые	-
<i>L. laxiflorus</i> (Desf.) O. Kuntze.	большая, маленькая, тупая, пупочная	плотная	много, ребристые	-
<i>L. aphaca</i> L.	папиллы узкие, крупные и низкие, неравномерно сетчатые	плотная	много, ребристые	восковые палочки и пыльные
<i>L. nissolia</i> L.	бугорки пустые, конусообразные, мелкие папиллы второй степени соединяются и образуют крупные бугорчатые папиллы	средняя	много, ребристые	-
<i>L. sphaericus</i> Retz.	шаровидные или полушаровидные папиллы, большие и низкие	плотная	много, ребристые	восковой слой и пыльные

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микроскопическое исследование поверхности семян имеет таксономическое значение и используется при уточнении статуса секции. Такие морфологические признаки, как: структура поверхности, длина и ширина рубчика, структура папиллы могут использоваться, для дифференциации некоторых секций и их разновидностей, такие показатели, как: размер семян, общая форма семени и рубчика, их цвет не могут использоваться для дифференциации некоторых секций.

БЛАГОДАРНОСТЬ.

Авторы хотели бы поблагодарить Институт Геологии и Геофизики НАНА Ш. Ш. Байрамовой за помощь нам в работе СЭМ.

Список литературы

1. Davis P. H. *Lathyrus* L. In: Davis P. H. ed. Flora of Turkey and East Aegean Islands / P. H. Davis // Edinburgh University Press. – 1970. – Vol. 3. – P. 328–369.
2. Kupicha E. K. Taxonomic studies in the tribe *Vicieae* (*Leguminosae*) / E. K. Kupicha // Doctoral thesis, University of Edinburgh. – 1974. – 588 p.
3. Yamamoto K. Karyotypes and morphological characteristics of some species in the genus *Lathyrus* L. / K. Yamamoto, T. Fujiwara, I. D. Blumenreich // Jap. J. Breed. – 1984. – Vol. 34. – P. 273–284
4. Əsgərov A. M. Azərbaycan florasının konspekti / A. M. Əsgərov – Bakı: Elm. – 2011. – 204 s.
5. Əsgərov A. M. Azərbaycanın bitki aləmi / A. M. Əsgərov – Bakı: TEAS PRESS. – 2016. – 444 s.
6. Allahverdiyeva G. F. Evaluation of biomorphological diversity and distribution of *Lathyrus* L. s. l. species in Azerbaijan / G. F. Allahverdiyeva, A. M. Asgarov // Proceedings of ANAS. – 2017. – Vol. 72, № 3. – P. 133–139.
7. Kahraman A. Anatomy, macro- and micromorphology of *Lathyrus* sect. *Nissolia* (*Fabaceae*) and their taxonomic significance / A. Kahraman, H. Çildir, M. Doğan // Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences. – 2013. – Vol. 84, №2. – P. 407–417.
8. Kupicha E. K., The infragenetic structure of *Lathyrus* / E. K. Kupicha // Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh. – 1983. – Vol. 41. – P. 209–244.
9. Shehadeh A. A. Ecogeographic, genetic and taxonomic studies of the genus *Lathyrus* L. / A. A. Shehadeh // Doctoral thesis, University of Birmingham. – 2011. – 401 p.
10. Chernoff M. Seed characters and testa texture in species of *Vicieae*: Their taxonomic significance / M. Chernoff, U. Plitmann, M. E. Kislev // Israel J. Bot. – 1992. – Vol. 41. – P. 167–186.
11. Güneş F. Seed characteristics and testa textures some taxa of *Lathyrus* L. (*Fabaceae*) from Turkey / F. Güneş, A. Çirpici // Int J Agri Biol. – 2011. – Vol. 13, № 6. – P. 888–894.
12. Güneş F. Seed morphology and their systematic importance of *Lathyrus* L. taxa belonging to *Platystylis* (*Lathyrostylis*) section (*Fabaceae*) from Turkey / F. Güneş // Afr J Agri Res. – 2012. – Vol. 7, № 2. – P. 265–277.
13. Güneş F. Seed characteristics and testa textures of *Pratensis*, *Orobon*, *Lathyrus*, *Orobastrum* and *Cicercula* sections from *Lathyrus* (*Fabaceae*) in Turkey / F. Güneş // Plant Syst. and Evol. – 2013. – Vol. 299, № 10. – P. 1935–1953.
14. Brisson J. D. A critical review of the use of scanning electron microscopy in the study of the seed coat / J. D. Brisson, R. L. Peterson // Proceedings of the Workshop on Plant Science Application of the SEM, Research Institute, Chicago. – 1976. – Part. VII. IIT. – P. 477–496.
15. Abou-El-Enain M. M. Seed surface characters and their systematic significance in the genus *Lathyrus* (*Leguminosae*, *Papilionaceae*, *Vicieae*) / M. M. Abou-El-Enain, M. H. A. Lofti, A. A. Shehata // Feddes Rep. – 2007. – Vol. 118. – P. 269–285.
16. Al-Ghamdi F. A. Seed morphology of some species of *Tephrosia* Pers. (*Fabaceae*) from Saudi Arabia / F. A. Al-Ghamdi, R. M. Al-Zahrani // Feddes Rep. – 2010. – Vol. 121. – P. 59–65.

17. Kislev M. E. Food remains from Tel Qasile with special reference to *Lathyrus sativus* / *cicera* / M. E. Kislev, M. Hopf // In: Mazar, A. (ed.), Excavations at Tel Qasile. – 1985. – P. 140–147.
18. Lestern N. R. Testa Characters in the tribe *Vicieae*, with notes about tribes *Abreae*, *Cicereae* and *Trifolieae* (*Fabaceae*) / N. R. Lestern, C. R. Gunn // USDA Tech. Bull. – 1981. – № 1667. – 40 p.
19. Butler E. A. The SEM and seed identification, with particular reference to the *Vicieae* In: Olsen, S. L. (ed.), Scanning Electron Microscopy in Archeology / E. A. Butler // BAR Int. Ser. – 1988. – Vol. 452. – P. 215–224.
20. Badr S. F. Karyotype analysis and chromosome evolution in species of *Lathyrus* (*Fabaceae*) / S. F. Badr // Pak. J. Biol. Sci. – 2007. – Vol. 10, № 1. – P. 49–56.
21. Bojnansky V. Atlas of seeds and fruits of Central and East – European Flora / V. Bojnansky, A. Fargasova // Springer. – 2007. – 961 p.
22. Leht M. Phylogeny of Old World *Lathyrus* L. (*Fabaceae*) based on morphological data / M. Leht // Feddes Rep. – 2009. – Vol. 120, № 1–2. – P. 59–74.
23. Sarker A. *Lathyrus* species: Conserved germplasm resources, priorities for collection and future prospects / A. Sarker, L. D. Robertson, A. M. Abd El Moneim, C. G. Campbell // In: Proceedings of International Food Legume Research Conference III, Adelaide, Australia, – 1997. (in press).
24. Yakovlev G. P. Legumes of Northern Eurasia / G. P. Yakovlev, A. K. Sytin, Yu. R. Roskov // Royal Botanic Garden. Kew. – 1996. – P. 527–547.
25. Карягин И. И. Флора Азербайджана. Род *Lathyrus* L. и *Orobus* L. / И. И. Карягин. – Баку, 1954. – Т. V. – С. 513–533.
26. Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Род *Lathyrus* L. и *Orobus* L. / А.А. Гроссгейм – М.-Л., 1952. – Т. V. – С. 400–412.

MICROMORPHOLOGICAL STRUCTURE OF SEEDS IN SOME SPECIES OF *LATHYRUS* L. IN SOUTH CAUCASUS (AZERBAIJAN)

Allahverdiyeva G. F., Asgarov A. M.

*Genetic Resources Institute of ANAS, Baku, Azerbaijan
E-mail: gunel.allahverdiyeva@yandex.ru*

For the first time, micromorphology structure of seeds in 10 species (*L. annuus*, *L. cicera*, *L. hirsutus*, *L. tuberosus*, *L. miniatus*, *L. pratensis*, *L. laxiflorus*, *L. aphaca*, *L. nissolia*, *L. sphaericus*) belonging to sections (*Lathyrus*, *Pratensis*, *Aphaca*, *Nissolia*, *Linearicarpus*) of *Lathyrus* L. collected from various regions of Azerbaijan were analysed.

Seed samples of 10 species were taken for analysis from different biotopes and different populations located away from one-another. Collected seed materials were gathered in special sterile paper bags and their moisture was dried with silicagel substance in laboratory conditions.

During the research, morphological characters, as well as general shape, size and colour of seed, length and width of hilum were identified under Leica EZ4D stereomicroscope. The largest seeds have been measured in *Lathyrus* (*L. cicera* 4,4–5,0 mm) section and the smallest seeds in *Nissolia* (*L. nissolia* 1,8–2,3 mm) section. The longest hilum belongs to *L. miniatus* 1,8–2,8 mm and the smallest in *L. Nissolia* 0,4–0,7 mm. The width hilum was measured in *L. annuus* (0,7–1,0 mm) and the narrow hilum *L. nissolia* (0,1–0,3 mm).

Mature seed (2–3) samples were selected from each type under the SEM, the seeds were placed on stools with double-sided adhesive tapes and covered with gold powder through the JEOL JFC1600 ion-spray device for 1 to 2 minutes. Seed samples were researched on the side surface. The photos of the surface of seeds were taken in a 3000× size in JEOL JSM6610 Iv electronic microscope, and structural analysis of the different places of their surfaces was conducted.

The results showed that the microscopic research of the surface of seed is of taxonomic importance and is used in specification of the status of sections. The morphological properties such as surface structure, hilum length and width, papillae features can be used to differentiate some sections and species, but seed size, general shape seed and hilum, seed colour are not characteristics can be used to differentiate some sections.

Keywords: Micromorphology, Lathyrus, Azerbaijan, seed, SEM, species.

References

1. Davis P. H., *Lathyrus* L. In: Davis P. H. ed. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, **3**, 328 (Edinburgh University Press, 1970).
2. Kupicha E. K. Taxonomic studies in the tribe *Vicieae* (*Leguminosae*), *Doctoral thesis, University of Edinburgh*, 588 p. (1974).
3. Yamamoto K., Fujiwara T., Blumenreich I. D. Karyotypes and morphological characteristics of some species in the genus *Lathyrus* L., *Jap. J. Breed.*, **34**, 273 (1984).
4. Asgarov A. M. *Concept of Azerbaijan's Flora*, 204 p. (Baku: Elm, 2011). (in Azer.).
5. Asgarov A. M. *The Plant World of Azerbaijan*, 444 p. (Baku: Teas Press, 2016). (in Azer.).
6. Allahverdiyeva G. F., Asgarov A. M. Evaluation of biomorphological diversity and distribution of *Lathyrus* L. s. l. species in Azerbaijan, *Proceedings of ANAS*, **72** (3), 133 (2017).
7. Kahraman A., Çildir H., Doğan M. Anatomy, macro- and micromorphology of *Lathyrus* sect. *Nissolia* (*Fabaceae*) and their taxonomic significance, *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, **84** (2), 407 (2013).
8. Kupicha E. K. The infragenetic structure of *Lathyrus*, *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh*, **41**, 209 (1983).
9. Shehadeh A. A. Ecogeographic, genetic and taxonomic studies of the genus *Lathyrus* L., *Doctoral thesis, University of Birmingham*, 401 p. (2011).
10. Chernoff M., Plitmann U., Kislev M. E. Seed characters and testa texture in species of *Vicieae*: Their taxonomic significance, *Israel J. Bot.*, **41**, 167 (1992).
11. Güneş F., Çirpici A. Seed characteristics and testa textures some taxa of *Lathyrus* L. (*Fabaceae*) from Turkey, *Int J Agri Biol.* **13** (6), 888 (2011).
12. Güneş F. Seed morphology and their systematic importance of *Lathyrus* L. taxa belonging to *Platystylis* (*Lathrostylis*) section (*Fabaceae*) from Turkey, *Afr J Agri Res.*, **7** (2), 265 (2012).
13. Güneş F. Seed characteristics and testa textures of *Pratensis*, *Orobon*, *Lathyrus*, *Orobastrum* and *Cicerula* sections from *Lathyrus* (*Fabaceae*) in Turkey, *Plant Syst. and Evol.*, **299** (10), 1935 (2013).
14. Brisson J. D., Peterson R. L. A critical review of the use of scanning electron microscopy in the study of the seed coat, *Proceedings of the Workshop on Plant Science Application of the SEM*, part VII. IIT Research Institute, Chicago, 477 (1976).
15. Abou-El-Enain M. M., Lofti M. H. A., Shehata A. A. Seed surface characters and their systematic significance in the genus *Lathyrus* (*Leguminosae*, *Papilionaceae*, *Vicieae*), *Feddes Rep.*, **118**, 269 (2007).
16. Al-Ghamdi F. A., Al-Zahrani R. M. Seed morphology of some species of *Tephrosia* Pers. (*Fabaceae*) from Saudi Arabia, *Feddes Rep.* **121**, 59 (2010).
17. Kislev M. E., Hopf M. Food remains from Tel Qasile with special reference to *Lathyrus sativus* Icicera, In: Mazar, A. (ed.), *Excavations at Tel Qasile*, 140 (1985).

18. Lestern N. R., Gunn C. R. Testa Characters in the tribe *Vicieae*, with notes about tribes *Abreae*, *Cicereae* and *Trifolieae* (*Fabaceae*), *USDA Tech. Bull.*, **1667**, 40 p. (1981).
19. Butler E. A. The SEM and seed identification, with particular reference to the *Vicieae*. In: Olsen, S.L. (ed.), *Scanning Electron Microscopy in Archeology*, *BAR Int. Ser.*, **452**, 215 (1988).
20. Badr S. F. Karyotype analysis and chromosome evolution in species of *Lathyrus* (*Fabaceae*), *Pak. J. Biol. Sci.*, **10** (1), 49 (2007).
21. Bojnansky V., Fargasova A. Atlas of seeds and fruits of Central and East – European Flora, *Springer*, 961 (2007).
22. Leht M. Phylogeny of Old World *Lathyrus* L. (*Fabaceae*) based on morphological data, *Feddes Rep.*, **120** (1-2), 59 (2009).
23. Sarker A., Robertson L. D., Abd El Moneim A. M., Campbell C. G. *Lathyrus* species: Conserved germplasm resources, priorities for collection and future prospects, In: *Proceedings of International Food Legume Research Conference III, Adelaide, Australia*, (1997). (in press).
24. Yakovlev G. P., Sytin A. K., Roskov Yu. R. Legumes of Northern Eurasia, *Royal Botanic Garden, Kew*, 527 (1996).
25. *Flora Azerbaijan.*, The genus *Lathyrus* L. et *Orobus* L., Ed.: I. I. Karyagin, **V**, 513. (Baku: 1954) (in Russ.).
26. *Flora Caucasus.*, Species of *Lathyrus* L. and *Orobus* L., Ed.: A. A. Grossheim, **V**, 400 (M.- L.: 1952) (in Russ.).

УДК 796.88:612.062

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ТЯЖЕЛОЙ АТЛЕТИКОЙ, НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

Грабовская Е. Ю., Табах И. Н.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: grabovskaya13@mail.ru*

Для изучения психофизиологического состояния организма спортсменов на разных этапах тренировочного процесса было обследовано 18 юношей, занимающихся тяжелой атлетикой. Выявлены различия в показателях восприятия времени, реактивной и личностной тревожности по Спилбергеру, самочувствия, активности, настроения, уровня тревожности по Тейлору, волевого усилия у спортсменов перед тренировкой и перед соревнованиями. Показано, что у тяжелоатлетов перед соревнованиями существенно возрастает уровень тревожности, как реактивной, так и личностной, снижается активность и настроение. При этом отмечен достоверный рост показателя, характеризующего волевые усилия ($p < 0,05$). Полученные результаты могут быть обусловлены предстартовым волнением и степенью тренированности спортсменов.

Ключевые слова: спортсмены, психофизиологическое состояние, тревожность, теппинг-тест, волевое усилие.

ВВЕДЕНИЕ

Спортивная деятельность в современных условиях требует соответствующего обеспечения: материального, технического, медицинского, психологического и т.п. Если исходить из строения и функций организма, то спортивный результат определяется подготовкой исполняющих движение органов, функциональной тренированностью и совершенством нервно-психических механизмов регуляции движений, переживаний, поведения. Спортивный результат снижается при ослаблении любой из этих трёх «несущих опор» [1–3].

Психодиагностика ставит своей целью изучение спортсмена и его возможностей в определённых условиях спортивной деятельности: особенностей протекания психических процессов, психических состояний (актуальных и доминирующих), свойств личности, социально-психологических особенностей деятельности. Психодиагностика осуществляется в процессе отбора, в тренировочном процессе и на соревнованиях. Проводится она для того, чтобы в последующем сформулировать психолого-педагогические и психогигиенические рекомендации и спланировать более эффективную систему воздействия на спортсмена [4–6]. В наших исследованиях мы попытались с помощью психодиагностических методик выявить особенности функционального состояния

организма спортсменов в разные периоды тренировочного процесса, и, в частности, психофизиологического состояния спортсменов. В связи с вышесказанным, целью работы явилось изучение психофизиологического состояния организма спортсменов, занимающихся тяжелой атлетикой, перед тренировками и перед соревнованиями с использованием психодиагностических методик.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на базе факультета физической культуры и спорта со студентами, занимающимися атлетизмом в рамках учебного процесса по повышению спортивного мастерства. Было обследовано 18 спортсменов в возрасте 19–21 год, занимающихся атлетизмом не менее трех лет. Определение диагностических показателей проводилось дважды: перед тренировкой и перед соревнованиями. Использовались следующие психодиагностические методики: тест на восприятие времени (ВВ, баллы), реактивная (РТ, баллы) и личностная (ЛТ, баллы) тревожность по Спилбергеру, методика САН (самочувствие – С, активность – А, настроение – Н, баллы), уровень тревожности по Тейлору (УТТ, баллы), теппинг-теста (Тт, баллы), методика самооценки волевых качеств по Н. Е. Стамбуловой (выраженность и генерализованность, баллы), методика «Удержание гири на вытянутой руке» по Е. П. Ильину (ОВ – общее время, Тр – тремор, с).

Тест на восприятие времени позволяет определить степень точности восприятия коротких промежутков времени [6]. Исследование восприятия времени проводится в паре, состоящей из испытуемого и экспериментатора. Оно состоит из десяти опытов. В каждом опыте испытуемому предлагают определить заданный промежуток времени, не считая и не смотря на часы. Правильность оценки интервала времени экспериментатор определяет с помощью секундомера. Каждый раз говорится о том, какой длительности задается интервал, а его начало экспериментатор отмечает ударом карандаша по столу [7].

Тест Спилбергера для оценки уровня тревожности является надежным и информативным способом самооценки уровня тревожности в данный момент (реактивная тревожность, как состояние) и личностной тревожности (как устойчивая характеристика человека) [8]. Личностная тревожность характеризует устойчивую склонность воспринимать большой круг ситуаций как угрожающие, реагировать на такие ситуации состоянием тревоги. Реактивная тревожность характеризуется напряжением, беспокойством, нервозностью. Шкала самооценки состояла из двух частей, разделяющих реактивную (РТ, высказывания номер 1–20) и личностную (ЛТ, высказывания номер 21–40) тревожность.

Для измерения эмоциональных состояний в период интенсивной физической и психической нагрузки используется методика САН. Тест предназначен для оперативной оценки самочувствия, активности и настроения [4]. Личностная шкала Тейлора предназначена для измерения проявлений тревожности. Рассматриваемая шкала состоит из 50 утверждений, отобранных из набора утверждений Миннесотского многоаспектного личностного опросника. Выбор пунктов для теста осуществлялся на основе анализа их способности различать лиц с «хроническими реакциями тревоги». Тестирование продолжается 15–30 мин [8]. Экспресс-

диагностика свойств нервной системы Е. П. Ильина позволяет выявить психомоторные показатели, присущие определенному типу нервной системы. С помощью теппинг-теста определяется выносливость нервной системы и обязательным условием выполнения теста для определения силы нервной системы становится работа в максимальном темпе [9].

Методика «Самооценка волевых качеств студентов-спортсменов» Н. Е. Стамбуловой позволяет оценить уровень развития волевых качеств: целеустремленности, настойчивости и упорства, смелости и решительности, инициативности и самостоятельности, самообладания и выдержки [10]. Каждый опросник позволяет диагностировать два параметра волевого качества: выраженность и генерализованность. Под выраженностью качества понимается наличие и устойчивость проявления основных его признаков, под генерализованностью – универсальность качества, т.е. широта его проявления в различных жизненных ситуациях и видах деятельности.

Тест «Удержание гири на вытянутой руке» по методу Е. П. Ильина это модифицированный тест динамометрии и является тестом на волевое усилие. Тест заключается в определении времени (с) удержания гири весом 10 кг на вытянутой руке (общее время удержания и время начала тремора) и выполняется в 2 этапа. На первом этапе испытуемый удерживает гирю до комфортного состояния, а на втором этапе до полной усталости (до отказа). Интервал между этапами один день. Волевое усилие рассчитывается по формуле и выражается в процентах [10].

Математическая обработка данных проводилась с помощью параметрических методов. Достоверность различий полученных результатов оценивалась с помощью t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение психологического тестирования спортсменов, занимающихся тяжелой атлетикой, перед тренировочными занятиями позволило оценить их психофизиологическое состояние организма.

Так, результаты теста на восприятие времени показали, что все спортсмены, занимающиеся тяжелой атлетикой, неверно воспринимают и отмеривают временной интервал. Восприятие времени в среднем по группе составило $94,3 \pm 5,2$ %, что соответствовало $7,2 \pm 0,8$ баллам. Коэффициент менее 100 % говорит о том, что временные интервалы спортсменами переоценивались.

Для экспресс-самооценки осознаваемого уровня тревоги в той или иной стрессовой ситуации применялся тест Спилберга. Установлено, что состояние тревоги как эмоциональная стресс-реакция может возникнуть в условиях деятельности под влиянием реальных или ожидаемых воздействий со стороны той микросреды (партнеров, товарищей по команде, тренеров, обслуживающего персонала, знакомых, конкурентов, семьи и др.), в которой постепенно формируется косвенная или непосредственная оценка испытуемого, его действий, поведения, отношений [11]. Так, реактивная тревожность в среднем по группе составила $30,3 \pm 1,7$ балла и на 80 % соответствовала низкой тревожности и только в 20 % случаев она была умеренной (рис. 1). Личностная тревожность у спортсменов перед

тренировкой равнялась $24,2 \pm 2,3$ баллам и тоже была низкой. Тревожность как состояние характеризуется субъективно переживаемыми эмоциями: напряжением, беспокойством, озабоченностью, нервозностью. Это состояние возникает как эмоциональная реакция на стрессовую ситуацию и может быть разным по интенсивности и динамичности во времени [12].

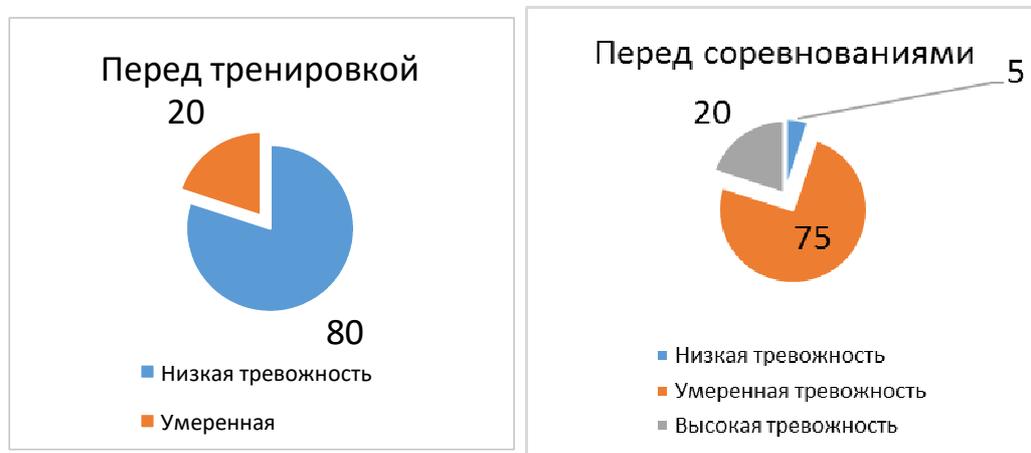


Рис. 1. Уровень реактивной тревожности (%) у спортсменов-тяжелотлетов перед тренировкой и перед соревнованиями.

Определенный уровень тревожности – естественная и обязательная особенность активной деятельной личности. У каждого человека существует свой оптимальный, или желательный, уровень тревожности – это так называемая полезная тревожность. Уровень тревожности по Тейлору у большинства обследуемых спортсменов перед тренировкой также был определен как «низкий» и только в 20 % случаев был определен как «средний» и был равен $6,5 \pm 0,3$ балла .

По методике САН перед тренировочным занятием оценки самочувствия, активности и настроения были примерно равны и составили соответственно $6,5 \pm 0,4$ балла, $6,3 \pm 0,6$ балла и $6,4 \pm 0,4$ балла, что свидетельствовало о благоприятном состоянии спортсменов-тяжелотлетов (рис. 2).

Перед тренировочным занятием показатель теппинг-теста у обследуемых был равен $15,1 \pm 1,3$ баллам при этом коэффициент силы нервной системы соответствовал оценке «средняя подвижность нервной системы». Известно, чем выше коэффициент силы нервной системы, тем нервная система сильнее; чем ниже, тем нервная система слабее. Коэффициент силы нервной системы у большинства спортсменов ($n=9$) свидетельствует о наличии у испытуемых «средней подвижности нервной системы»: максимальный темп удерживался примерно на одном уровне в течение всего времени работы. У остальных девяти испытуемых сила нервной системы была выше и оценивалась как «подвижная» ($n=5$) и «очень подвижная» ($n=4$). Установлено, что сумма точек является показателем работоспособности нервных

клеток двигательной зоны коры головного мозга и характеризует возможности спортсмена к реализации качества скоростной выносливости [13].

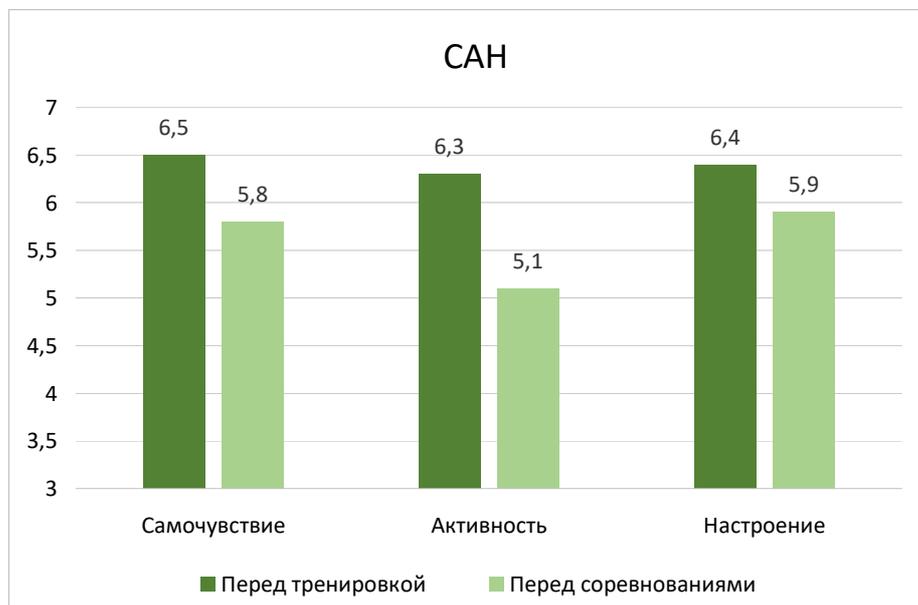


Рис. 2. Результаты теста САН (самочувствие, активность, настроение, %) у спортсменов-тяжелоатлетов перед тренировкой и перед соревнованиями.

При использовании опросника Н. Е. Стамбуловой выраженность и генерализованность таких волевых качеств, как целеустремленность, самостоятельность и самообладание находились в диапазоне 27,1–29,7 балла и свидетельствовали о среднем уровне этих качеств.

Показатели теста на волевое усилие на первом этапе выглядели следующим образом: общее время удержания составило $11,2 \pm 1,0$ с, тремор наступил через $6,3 \pm 0,5$ с, разница показателей составила 57,2 %. На втором этапе общее время удержания составило $42,1 \pm 1,2$ с, тремор наступил через $6,7 \pm 0,8$ с, разница составила 16,0 % (рис. 3).

Повторное проведение психологического тестирования спортсменов, занимающихся тяжелой атлетикой, перед соревнованиями позволило оценить изменение психофункционального состояния организма, связанное с предстоящими соревнованиями. Так, восприятие времени в среднем по группе снизилось на 6,6 % ($p > 0,05$) по сравнению с показателями перед тренировкой и составило $88,1 \pm 0,8$ %, что соответствовало $5,8 \pm 0,8$ баллам.

Реактивная тревожность в среднем по группе равна $40,5 \pm 1,3$ баллам и у 5 % обследованных оценивалась как низкая, у 75 % – как умеренная. У 20 % обследованных спортсменов уровень реактивной тревожности стал еще выше и

определялся как «высокий» (рис. 1). Реактивная тревожность в группе спортсменов перед соревнованиями повысилась на 33,7 % ($p < 0,05$).

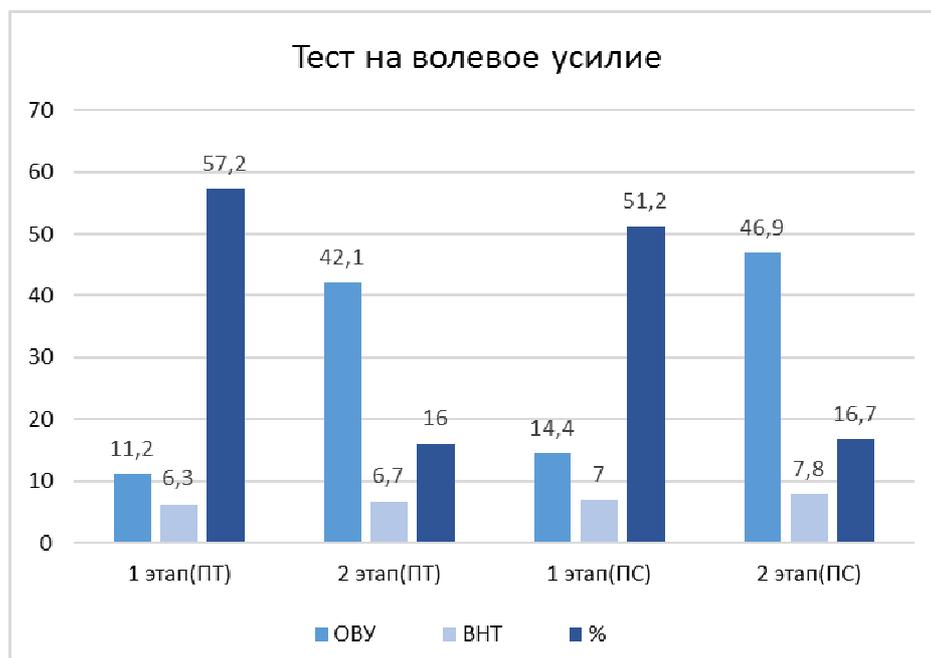


Рис. 3. Показатели теста на волевое усилие на первом и втором этапе перед тренировкой (ПТ) и перед соревнованиями (ПС) у спортсменов-тяжелоатлетов.

Примечание:

ОВУ – общее время удержания груза, секунды;

ВНТ – время начала тремора, секунды;

% – разница (%) между общим временем удержания груза и временем начала тремора.

Личностная тревожность в среднем по группе равнялась $38,3 \pm 6,7$ баллам и также в среднем была умеренной, по сравнению с показателями перед тренировкой рост личностной тревожности составил 58,3 % ($p < 0,01$). Уровень тревожности по Тейлору в группе повысился на 143,1 % ($p < 0,001$), при этом у 28 % обследуемых уровень тревожности определялся как высокий. Такие изменения, скорее всего можно отнести на счет развития чрезмерных предстартовых реакций. При повторном определении исследуемых показателей в группе спортсменов перед соревнованиями ухудшились показатели теста САН. Так, показатель самочувствия снизился на 10,8 % ($p < 0,05$), активности на 19,0 % ($p < 0,05$), настроения на 7,8 % ($p > 0,05$) (рис. 2). Такие изменения также могут быть обусловлены предстартовыми состояниями или утомлением спортсменов.

Хотя показатель теппинг-теста при повторном обследовании был несколько выше и составил $17,7 \pm 3,9$ балла, коэффициент силы нервной системы у большинства спортсменов не изменился и свидетельствует о наличии у испытуемых «средней подвижности нервной системы». При обследовании спортсменов перед

соревнованиями по методике Н. Е. Стамбуловой сколько-нибудь значимых отличий обнаружено не было: выраженность такого волевого качества, как целеустремленность в среднем по группе составила $27,4 \pm 5,8$ балла, а генерализованность – $28,4 \pm 6,0$ балла, выраженность волевого качества «самостоятельность» составила $28,6 \pm 5,2$ балла, генерализованность $29,0 \pm 4,6$ балла, выраженность «самообладания» составила $28,8 \pm 4,2$ балла, генерализованность – $29,2 \pm 4,0$ балла.

Повторное тестирование показало, что общее время удержания груза в тесте на волевое усилие на первом этапе увеличилось на 28,6 % ($p < 0,01$), время начала тремора увеличилось на 11,1 % ($p < 0,05$), процентное соотношение общего времени удержания и времени начала тремора снизилось на 10,5 % ($p < 0,05$). На втором этапе общее время удержания увеличилось на 11,4 % ($p < 0,05$), время начала тремора увеличилось на 16,4 % ($p < 0,05$), процентное соотношение общего времени удержания и времени начала тремора увеличилось на 4,4 % ($p > 0,05$) (рис. 3). По всей вероятности, можно говорить о том, что перед соревнованиями волевые качества спортсменов возрастают существенно.

Полученные в ходе тестирования результаты позволяют проанализировать психологические особенности тяжелоатлетического вида спорта, что включает в себя прогнозирование и учет психологических факторов в тяжелой атлетике, а именно: тревогу и перевозбуждение, уход из психологического поля, социальную изоляцию и другое [4]. Тяжелоатлеты, не подверженные предстартовому волнению, встречаются весьма редко. Причины для таких волнений и тревог множество, они включают боязнь боли, неудачи, боязнь успеха, боязнь группы (то есть партнеров по тренировкам) и множество других факторов. Очевидно, что важность соревнования куда выше, нежели важность каждодневной тренировки, и поэтому перед соревнованием возникает специфическая тревога. Психическая готовность является интегративным многоуровневым новообразованием, включающим личностные факторы. Ее формирование захватывает все этапы роста спортивного мастерства. В развитой форме спортивной деятельности (спортсмены высшей квалификации) она становится неотъемлемой стороной спортивного мастерства, психорегуляторным механизмом деятельности, обеспечивающим достижение эффективных и надежных результатов. На уровне высокого спортивного мастерства психическая готовность имеет целостную структуру, в которую включены компоненты, связанные с проявлениями спортивной результативности, целеполагания, уверенности в успехе, активности исполнительных двигательных операций, с субъективно-психологическими характеристиками личностных качеств [14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлены различия в показателях восприятия времени, реактивной и личностной тревожности по Спилбергеру, самочувствия, активности, настроения, уровня тревожности по Тейлору, волевого усилия у спортсменов перед тренировкой и перед соревнованиями. Показано, что у тяжелоатлетов перед соревнованиями существенно возрастает уровень тревожности, как реактивной, так и личностной, снижается активность и настроение. При этом отмечен достоверный рост показателя, характеризующего волевые усилия ($p < 0,05$). Полученные результаты могут быть

обусловлены предстартовым волнением и степенью тренированности спортсменов. Психофизиологические особенности тяжелоатлетического вида спорта, которые включает в себя прогнозирование и учет психологических факторов в тяжелой атлетике, а также психологический тип спортсмена, который определяет его подход к тренировочному и соревновательному процессу, играют важную роль в спортивной жизни спортсмена и непосредственно влияют на показатели его результативности.

Список литературы

1. Троценко А. А. Особенности восприятия времени и пространства студентов и школьников с разной двигательной активностью / А. А. Троценко, Ю. А. Кориневский // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-6. – С. 57–59.
2. Табах И. Н. Динамика силовых показателей и уровня физической работоспособности у студентов, занимающихся атлетизмом / И. Н. Табах, Е. Ю. Грабовская // V Международный научный конгресс "Проблемы физкультурного образования: концептуальные основы и научные инновации". Сборник научных трудов. – Вып. 5. – Саки: ИП Бровко А. А., 2018. – С. 212–215.
3. Таймазов В. А. Психофизиологическое состояние спортсмена (Методы оценки и коррекции) : практ. руководство / В. А. Таймазов, Я. В. Голуб. – СПб. : Олимп, 2004. – 400 с.
4. Анастаси А. Психологическое тестирование / А. Анастаси. – М.: Директ-Медиа, 2008. – 859 с.
5. Дворкин Л. С. Методика общесиловой помдготовки: учебно-методическое пособие. / Л.С. Дворкин, С. В. Степанов. – Краснодар: КубГАФК, 2001. – 48 с.
6. Матвеев Л. П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты. / Л. П. Матвеев. – М.: Известия, 2001. – 334 с.
7. Райгородский Д. Я. Практическая психодиагностика. Методика и тесты: учебное пособие./ Д. Я. Райгородский. – Самара: [Б.и.], 2008. – 672 с.
8. Олешко В. Г. Моделирование процесса подготовки и отбор спортсменов в силовых видах спорта / В. Г. Олешко. – К.: ДМП Полимед, 2005. – 254 с.
9. Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека / Е. П. Ильин. – СПб.: Питер, 2005. – 73 с.
10. Носс И. Н. Руководство по психодиагностике / И. Н. Носс. – Москва: Мир, 2017. – 688 с.
11. Батаршев А. В. Психология индивидуальных различий. От темперамента – к характеру и типологии личности / А. В. Батаршев. – М.: Владос, 2014. – 256 с.
12. Гогунев Е. Н. Психология физического воспитания и спорта / Е. Н. Гогунев. – М.: Академия, 2005. – 224 с.
13. Ильин Е. П. Психология спорта / Е. П. Ильин. – СПб.: Питер, 2008. – 352 с.
14. Барабанов А. Г. Психологические резервы оптимизации спортивной деятельности / А. Г. Барабанов, А. П. Горячев, В. С. Никитин // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 5. – С. 28–29.

PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF THE BODY OF ATHLETES ENGAGED IN WEIGHTLIFTING AT DIFFERENT STAGES OF THE TRAINING PROCESS

Grabovskaya E. Yu., Tabakh I. N.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: grabovskaya13@mail.ru*

Sports activities in modern conditions require appropriate support: material, technical, medical, and psychological. If we proceed from the structure and functions of the body, then the sports result is determined by the preparation of the organs performing the

movement, functional training and perfection of the neuropsychic mechanisms for regulating movements, experiences, and behavior. Psychodiagnostics aims to study the athlete's ability to certain sports activities: character of mental processes, mental States (actual and dominant), personality traits, socio-psychological peculiarities of the activity. Psychodiagnostics are performed during the selection process, in the training process, and at competitions.

In connection with the above, the purpose of the work was to study the psychofunctional state of the body of athletes engaged in weightlifting, before training and before competitions using psychodiagnostic techniques.

18 athletes aged 19–21 years who have been engaged in athleticism for at least three years were examined. Diagnostic indicators were determined twice: before training and before competitions. We used the following psychodiagnostic methods: test perception time, reactive and personal anxiety Spielberger, the method of determining the being, activity, mood, level of anxiety according to Taylor, tapping-test, self assessment of strong-willed qualities, technique definition of conation.

Psychological testing of athletes engaged in weightlifting before training sessions allowed to assess the psychofunctional state of the body. The results obtained during testing allow us to analyze the psychological characteristics of weightlifting sport, which includes forecasting and taking into account psychological factors in weightlifting, namely: anxiety and overexcitation, withdrawal from the psychological field, social isolation, and more. Weightlifters who are not subject to pre-start excitement are very rare. Obviously, the importance of the competition is much higher than the importance of daily training, and therefore there is a specific anxiety before the competition.

The study revealed differences in indicators of time perception, reactive and personal anxiety according to Spielberger, well-being, activity, mood, level of anxiety according to Taylor, and willpower in athletes before training and before competitions. It is shown that weightlifters significantly increase their level of anxiety before competitions, both reactive and personal, and their activity and mood decrease. At the same time, there was a significant increase in the indicator characterizing volitional efforts ($p < 0.05$). The results obtained may be due to pre-start excitement and the degree of fitness of the athletes. Psychological features of a weightlifting sport, which includes forecasting and taking into account psychological factors in weightlifting, as well as the psychological type of athlete that determines his approach to the training and competitive process, play an important role in the athlete's sports life and directly affect the performance indicators of his performance.

Keywords: athletes, psychophysiological state, anxiety, tapping test, volitional effort.

References

1. Trocenko A. A., Korinevskij Ju. A. Osobennosti vospriyatija vremeni i prostranstva studentov i shkol'nikov s raznoj dvigatel'noj aktivnost'ju, *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik*. **3-6**, 57 (2018).
2. Tabakh I. N., Grabovskaya E. Yu. Dinamika silovykh pokazateley i urovnya fizicheskoy rabotosposobnosti u studentov, zanimayushchikhsya atletizmom, *V Mezhdunarodnyy nauchnyy kongress "Problemy fizkul'turnogo obrazovaniya: kontseptual'nye osnovy i nauchnye innovatsii"*, **5**, 212 (2018).

3. Taymazov V. A., Golub Ya. V. *Psikhofiziologicheskoe sostoyanie sportsmena (Metody otsenki i korrektsii)*: Prakt. Rukovodstvo, 400 p. (SPb. : Olimp, 2004).
4. Anastazi A. *Psikhologicheskoe testirovani*, 859 p. (M.: Direkt-Media, 2008).
5. Dvorkin L. S., Stepanov S. V. *Metodika obshchesilovoy pommdgotovki*: uchebno-metodicheskoe posobie, 48 p. (Krasnodar: KubGAFK, 2001).
6. Matveev L. P. *Obshchaya teoriya sporta i ee prikladnye aspekty*, 334 p. (M.: Izvestiya, 2001).
7. Raygorodskiy D. Ya. *Prakticheskaya psikhodiagnostika. Metodika i testy*: uchebnoe posobie, 672 p. (Samara, 2008).
8. Oleshko V. G. *Modelirovanie protsessa podgotovki i otbor sportsmenov v silovykh vidakh sporta*, 254 p. (K.: DMP Polimed, 2005).
9. Il'in E. P. *Psikhofiziologiya sostoyaniy cheloveka*, 73 p. (SPb.: Piter, 2005).
10. Noss I. N. *Rukovodstvo po psikhodiagnostike*, 688 p. (Moskva: Mir, 2017)/
11. Batarshchikov A. V. *Psikhologiya individual'nykh razlichiy. Ot temperamenta – k kharakteru i tipologii lichnosti*, 256 p. (M.: Vlados, 2014).
12. Gogunov E. N. *Psikhologiya fizicheskogo vospitaniya i sporta*, 224 p. (M.: Akademiya, 2005).
13. Il'in E. P. *Psikhologiya sporta*, 352 p. (SPb.: Piter, 2008).
14. Barabanov A. G., Goryachev A. P., Nikitin V. S. Psikhologicheskie rezervy optimizatsii sportivnoy deyatel'nosti, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, **5**, 28 (2006).

УДК 589.1

ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРЦИАЛЬНОЙ ФЛОРЫ РУДЕРАЛЬНЫХ МЕСТ ОБИТАНИЯ Г. КАЛУГИ

Евсеева А. А.

*ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», Калуга, Россия
E-mail: annahabarova@yandex.ru*

Проведено изучение флористического состава сосудистых растений рудеральных мест обитания г. Калуги, выявлены наиболее распространенные виды. Проанализировано соотношение эколого-ценотических и эколого-биологических групп рудеральной растительности г. Калуги. Изучен адвентивный компонент исследованной территории.

Ключевые слова: городская флора, рудеральная растительность, эколого-фитоценотический анализ растительности, адвентивная флора.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение растительности рудеральных местообитаний в урбоэкосистемах необходимо для оценки экологической ситуации, мониторинга флоры региона в целом и урбанofлоры в частности [1]. Поскольку рудеральная растительность характерна для вторичных местообитаний с нарушенным естественным покровом, становится особенно важно вести наблюдения за динамикой флоры подобных экосистем. Такие объекты растительности, как правило, богаты сорными видами, малоустойчивыми культурными растениями, а также чужеродными видами и эргазофитофитами, способными причинить вред аборигенным экосистемам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование посвящено изучению флористического состава сосудистых растений спонтанной растительности рудеральных мест обитания г. Калуги. Для более полного охвата флоры изучаемой территории в разные вегетационные периоды 2015 г. было сделано 70 флористических описаний в 35 точках города. Точки исследования были выбраны на территории города таким образом, чтобы охватить разные по происхождению типы рудеральной растительности. В исследуемых точках были заложены геоботанические площадки и сделаны стандартные описания растительности методом Браун-Бланке [2]. Систематическая принадлежность растений определялась по «Флоре средней полосы Европейской части России» [3].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Флора изученной территории города Калуги представлена 4 отделами: Polypodiophyta, Equisetophyta, Pynophyta, Magnoliophyta, где Magnoliophyta значительно преобладает – 96,8 %. Было выявлено 214 видов сосудистых растений, что составляет порядка 14,4 % от общего списка видов региона [4]. Выявленные виды относятся к 49 семействам и 147 родам (табл. 1). Для сравнительного анализа, таблица 1 также содержит сведения основных пропорций флоры лесной растительности Калуги [5]. Как видно из таблицы, растительность города, приуроченная к рудеральным местообитаниям, имеет более широкую вариацию видового состава [6], и большее число родов, возможно из-за присутствия в ней большего количества видов растений из культуры и рудеральных видов. Родовой коэффициент отдела покрытосеменных также выше у рудеральной флоры. Как правило, более богатые флоры имеют более высокие родовые коэффициенты [7], а менее богатые – низкие родовые коэффициенты, отражающие монотипизацию родов. Однако в данном случае мы предполагаем, что более высокие показатели родовых коэффициентов флоры растительности нарушенных мест обитания характеризуют флору как более аллохтонную по сравнению с флорой остаточных городских лесов.

Таблица 1

Основные пропорции флоры г. Калуги

Отдел	виды	% участия	Число родов	% участия	Число семейств	% участия	Родовой коэффициент
Лесная растительность							
Equisetophyta	3	1,8	1	0,8	1	2	-
Polypodiophyta	8	4,7	6	4,9	4	8	-
Pynophyta	2	1,2	2	1,6	1	2	-
Magnoliophyta в т.ч.:	155	92,3	114	92,7	43	88	1,359
Magnoliopsida	125	74,7	96	78,1	39	80	1,30
Liliopsida	30	17,6	18	14,6	4	8	1,6
Всего:	168		123		49		1,365
Рудеральная растительность							
Equisetophyta	3	1,4	1	0,6	1	2	-
Polypodiophyta	2	0,9	2	1,4	2	4,1	-
Pynophyta	2	0,9	2	1,4	1	2	-
Magnoliophyta в т.ч.:	207	96,8	142	96,6	45	91,9	1,465
Magnoliopsida	171	80	123	83,7	41	83,8	1,40
Liliopsida	36	16,8	19	12,9	4	8,1	1,9
Всего:	214		147		49		1,463

Различия в количественном составе отделов определяются более высоким содержанием в лесной флоре папоротников, и более высоким содержанием покрытосеменных обоих классов в составе рудеральной растительности. Большее число однодольных в нарушенных городских местообитаниях объясняется более высоким содержанием в их флоре луговых злаков, характерным для феномена олуговения и остепнения городской флоры, ее унификации. Это происходит в связи с тем, что синантропные флоры развиваются в условиях ксерофитизации, что «смещает» флору в сторону более аридных широт [8].

Наиболее насыщенные видами семейства представлены в таблице 2. В наибольшей степени представленным видами оказалось семейство Asteraceae. Обнаруженные виды этого семейства в основном относятся к сорным растениям, здесь содержатся адвентивные виды, такие как *Aster salignus* Willd., *Helianthus tuberosus* L., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz, *Solidago gigantea* Ait., *S. Canadensis* L., *Erigeron canadensis* L. и др.

Таблица 2
Спектр ведущих семейств рудеральной растительности г. Калуги

№	Семейства	Число родов		Число видов	
		Общее кол-во	% от общего числа	Общее кол-во	% от общего числа
1	Asteraceae	23	15,6	32	14,9
2	Rosaceae	15	10,2	24	11,1
3	Poaceae	13	8,8	21	9,8
4	Fabaceae	7	4,8	13	6
5	Lamiaceae	9	6,1	9	4,2
6	Caryophyllaceae	6	4,1	7	3,3
7	Cyperaceae	2	1,4	7	3,3
8	Polygonaceae	3	2	7	3,3
9	Umbelliferae	7	4,8	7	3,2
10	Cruciferae	5	3,4	6	2,8
11	Scrophulariaceae	6	4,1	6	2,8
	Остальные	51	34,7	75	35,3
	Всего	147	100	214	100

Семейство Rosaceae на обследованной территории также эргазиофитофитами, среди них: *Crataegus sanguinea* Pall., *C. submollis* Sarg., *Pyrus communis* L., *Prunus domestica* L., *Spiraea salicifolia* L., *Rosa canina* L., *Malus domestica* Borkh. и др. Poaceae в основном представлено как сорными, так и опушечно-луговыми видами. Высокая доля участия термофильных семейств Lamiaceae и Fabaceae характерна для

городских флор в целом [9]. Следует отметить, что все выявленные наиболее распространенные семейства содержат в своем составе рудеральные, заносные и прочие группы видов, свидетельствующие об измененности местообитания. Причем семейство *Cruciferae* представлено исключительно сорными видами. К монотипным относится 17 семейств, что составляет 34,7 % от всех выявленных. Монотипизация семейств является следствием ослабления внутривидовых связей в фитоценозах динамично меняющейся городской среды, где способны произрастать отдельные представители рода и семейства. Однако это можно объяснить и недостаточным охватом территории города при исследовании и возможности описания отдельных частей парцелл в мозаичной структуре городской растительности.

Наиболее многочисленны роды рудеральных мест обитания представлены в таблице 3. Из представленных данных видно, что самые многочисленные роды содержат небольшое количество видов – от 3 до 6. Вследствие этого подробный флористический анализ наиболее многочисленных родов затруднителен. Возможно, такие результаты объяснимы недостаточным охватом территории. Наблюдается высокая монотипизация родов – 102 рода из 147 содержат по одному виду. 30 родов содержат по 2 вида.

Таблица 3
Спектр ведущих родов рудеральной растительности г. Калуги

Рода	Число видов	
	Общее кол-во	% от общего числа
<i>Carex</i>	6	2,8
<i>Poa</i>	6	2,8
<i>Cirsium</i>	4	1,8
<i>Trifolium</i>	4	1,8
<i>Artemisia</i>	3	1,4
<i>Equisetum</i>	3	1,4
<i>Galium</i>	3	1,4
<i>Juncus</i>	3	1,4
<i>Plantago</i>	3	1,4
<i>Polygonum</i>	3	1,4
<i>Potentilla</i>	3	1,4
<i>Ranunculus</i>	3	1,4
<i>Rumex</i>	3	1,4
<i>Salix</i>	3	1,4
<i>Solidago</i>	3	1,4
Остальные	162	75,4
Всего	215	100

Бедное видовое богатство родов в целом, и большую долю монотипных родов возможно объяснить нарушенной средой города, как местообитания и выживанием в ней отдельных аборигенных представителей родов.

Среди наиболее распространенных видов (табл. 4) травянистого яруса типичные представители рудеральных местообитаний – *Taraxacum officinale* Wigg., *Urtica dioica* L., *Arctium tomentosum* Mill., *Geum urbanum* L., *Plantago major* L., *Artemisia vulgaris* L., а также луговые виды – *Dactylis glomerata* L., *Achillea millefolium* L., *Centaurea jacea* L., *Ranunculus repens* L. Наличие в этом перечне луговых видов объяснимо «олуговением» городской флоры [10].

Таблица 4

Виды рудеральных местообитаний г. Калуги с наиболее высокими показателями встречаемости

№	Название вида	Встречаемость видов на площадках	% встречаемости от общего числа площадок
Травянистый ярус			
1	<i>Taraxacum officinale</i>	44	62,9
2	<i>Urtica dioica</i>	39	55,7
3	<i>Dactylis glomerata</i>	38	54,2
4	<i>Arctium tomentosum</i>	35	50
5	<i>Geum urbanum</i>	33	47,1
6	<i>Achillea millefolium</i>	31	44,3
7	<i>Plantago major</i>	30	42,9
8	<i>Artemisia vulgaris</i>	28	40
9	<i>Centaurea jacea</i>	25	35,7
10	<i>Ranunculus repens</i>	24	34,3
Древесно-кустарниковый ярус			
1	<i>Acer negundo</i>	29	41,4
2	<i>Acer platanoides</i>	25	35,7
3	<i>Populus x sibirica</i>	15	21,4
4	<i>Ulmus laevis</i>	10	14,3
5	<i>Salix fragilis</i>	10	14,3
6	<i>Sorbus aucuparia</i>	6	8,6
7	<i>Padus avium</i>	6	8,6
8	<i>Tilia cordata</i>	5	7,1
9	<i>Quercus robur</i>	4	5,7
10	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	4	5,7

Наиболее распространенным представителем древесно-кустарникового яруса также является типичный рудерал, интродуцент *Acer negundo* L. Кроме него в этом списке присутствуют и другие интродуценты: *Populus x sibirica* G. Krylov et Grigoriev ex A. Skvortsov и *Fraxinus pennsylvanica* Marsh.. Часто встречаемый *Salix fragilis* L. как правило, приурочен к прибрежным местообитаниям. Прочие наиболее распространенные древесные растения являются лесными видами, поскольку территория города Калуги относится к подзоне смешанных широколиственно-еловых лесов лесной зоны; находится в лесном елово-дубовом округе, елово-дубовом районе. В окрестностях довольно часто встречаются островами дубово-еловые и еловые леса [4]. Предположительно поэтому в составе древесного яруса рудеральной спонтанно образующейся растительности Калуги часто встречаются коренные породы деревьев.

Анализ соотношения эколого-ценотических групп растений рудеральных местообитаний показал, что луговые виды доминируют в этом спектре, что обусловлено «олуговением» городской флоры (рис. 1). Среди укрупненной группы растений луговых местообитаний здесь широко представлены различные луговые виды, опушечно-луговые, прибрежно-луговые и др. Группа сорных растений также занимает значительную часть спектра рудеральной растительности Калуги, что обусловлено нарушенными условиями данных местообитаний.

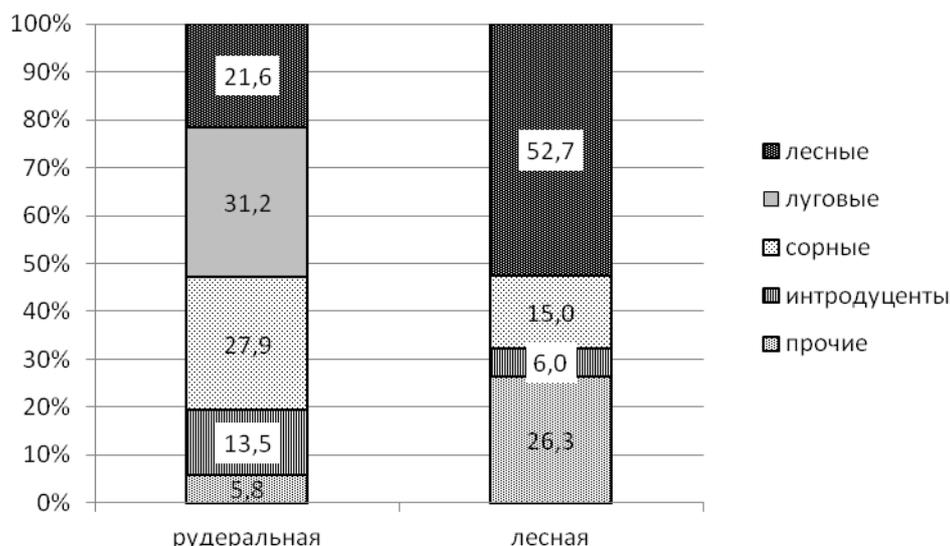


Рис. 1. Соотношение эколого-ценотических групп растений г. Калуги.

Интересно, что при сравнении со спектром эколого-биологических групп лесных фитоценозов города, несущих высокую рекреационную и антропогенную нагрузку в целом, видна значительная разница в долевом весе интродуцентов – растительность рудеральных местообитаний содержит более чем в два раза большее

их количество – 13,5 %, против 6 % в лесных объектах. Таким образом, в эколого-ценотической структуре рудеральной растительности Калуги отмечаются общие закономерности формирования урбанофлор.

Как видно из рисунка 2, абсолютные доминанты спектра эколого-биологических групп растений рудеральных мест обитания – многолетние травы. Причем их доля меньше, чем доля многолетних трав лесных местообитаний Калуги, а абсолютное количество выше. Поскольку многие из многолетних трав являются сорными видами, это обуславливает их более высокое число в рудеральной растительности, а более низкая их доля объяснима смещением пропорций спектра в пользу древесно-кустарниковой флоры, количество которой выше как в абсолютных так и относительных единицах.

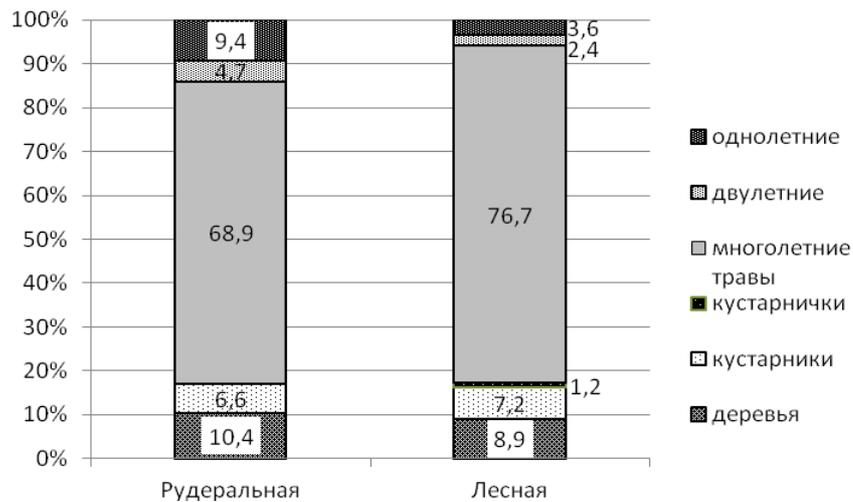


Рис. 2. Спектр эколого-биологических групп растительности Калуги.

Предположительно, большее число видов древесных растений в рудеральных местообитаниях по сравнению с лесной растительностью, имеющей в своей структуре обязательный древесный ярус, играющий эдификаторную роль, обусловлено большим количеством видов-интродуцентов, культурных и адвентивных видов.

В настоящей работе для выявления адвентивного компонента флоры и его степени натурализации использовались конспект адвентивной флоры Калужской области и методика А. В. Крылова, основанная на градации степени натурализации адвентивных видов [11, 12]. В перечне адвентивных видов рудеральных местообитаний Калуги отмечено 26 видов, 14 из которых древесно-кустарниковые. Из 26 заносных видов 10 – ненатурализовавшиеся (табл. 5). Для сравнения – в городских лесах Калуги обнаружено 15 адвентивных видов, лишь 2 вида натурализовались. Это говорит о том, что рудеральная растительность имеет более слабые внутриценотические связи, что дает возможность внедряться ненатурализовавшимся адвентивным видам.

Таблица 5

Адвентивные виды рудеральных местообитаний г. Калуги и степень их натурализации

№	Виды	По степени натурализации								Путь заноса
		N ⁰ - N ²	N ³	N ⁴	N ⁵	N ⁶	N ⁷	N ⁸	N ⁹	
										Преднамеренно занесенные, С
										Непреднамеренно занесенные, А
1.	<i>Acer negundo</i>								+	АС
2.	<i>Aesculus hippocastanum</i>			+						С
3.	<i>Aster salicifolius</i>								+	С
4.	<i>Atriplex patens</i>	+								А
5.	<i>Berberis vulgaris</i>	+								С
6.	<i>Caragana arborescens</i>							+		С
7.	<i>Crataegus sanguinea</i>	+								С
8.	<i>Crataegus submollis</i>	+								С
9.	<i>Erigeron canadensis</i>								+	А
10.	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>							+		С
11.	<i>Grossularia reclinata</i>					+				С
12.	<i>Helianthus tuberosus</i>					+				АС
13.	<i>Impatiens glandulifera</i>								+	С
14.	<i>I. parviflora</i>							+		А
15.	<i>Malus domestica</i>		+							АС
16.	<i>Philadelphus coronaries</i>	+								С
17.	<i>Populus x sibirica</i>			+						С
18.	<i>Prunus domestica</i>			+						С
19.	<i>Reynoutria japonica</i>							+		С
20.	<i>Solidago canadensis</i>								+	С
21.	<i>Solidago gigantea</i>								+	С
22.	<i>Spiraea salicifolia</i>			+						С
23.	<i>Symphoricarpos albus</i>							+		С
24.	<i>Thladiantha dubia</i>				+					С
25.	<i>Viola odorata</i>							+		С
26.	<i>Xanthium albinum</i>							+		А

В рудеральных местообитаниях отмечены 2 редких вида Калужской области *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Orlova. (3 категория) и *Viola odorata* L. (4 категория). [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы выявлен флористический состав и экологическая структура рудеральной растительности г. Калуги, которая отражает общие закономерности формирования урбанофлор. Была отмечена высокая монотипизация флористических таксонов, а так же характерный для городской растительности феномен «олуговения». Присутствие во флористическом составе описываемых сообществ значительного количества видов начальных стадий сукцессий, а также адвентивных видов, свидетельствует о происходящих динамических процессах, поэтому необходимо проводить мониторинг состояния рудеральной растительности города. Мониторинг этих сообществ позволит выявлять новые адвентивные виды и прогнозировать их дальнейшее распространение. Результаты данного исследования могут служить основой для организации мониторинга рудеральной растительности г. Калуги.

Список литературы

1. Арепьева Л. А. Экологический анализ ценофлор рудеральной растительности урбанизированных территорий Курской области / Л. А. Арепьева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2008. – № 1. – С. 60–65.
2. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. 3, Aufl. Wien, 1964. 865 s. Krausch H.-D. Die Pflanzengesellschaften des Stechlinsee-Gebietes. I. Die Gessellschaften des offenen Wassers / Braun-Blanquet J. // Limnologica. – 1964. – Bd. 2., Hf. 2. – S. 145–203.
3. Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. / П. Ф. Маевский // М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2006. – 600 с.
4. Решетникова Н. М. Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Н. М. Решетникова [и др.]. – М. : Товарищество науч. изданий КМК, 2010. – 549 с.
5. Шестакова Г. А. Биологическое разнообразие высших растений, используемых в озеленении городов, в зависимости от стратегии застройки городских территорий / Г. А. Шестакова, И. Н. Лыков, А. А. Евсеева // Проблемы региональной экологии. – 2012. – № 6. – С. 93–98.
6. Арепьева Л. А. О сообществах поздних сукцессионных стадий рудеральной растительности на урбанизированных территориях Курской области / Арепьева Л. А. // Растительность России. – 2012. – № 21. – С. 13–24.
7. Нигметова А. М. Флора Астрахани: Динамика, современное состояние, оптимизация [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / А. М. Нигметова. – Астрахань, 2007. – 22 с.
8. Шадрин В. А. Состояние лесных экосистем под влиянием рекреации (на примере города Ижевска) / В. А. Шадрин, А. В. Федчук // Молодежный научный вестник. – 2017. – № 12 (25). – С. 33–39.
9. Соколова И. Г. Синантропная флора города Пскова [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / И. Г. Соколова. – Санкт-Петербург, 2006. – 18 с.
10. Арепьева Л. А. Фитосоциологический анализ ценофлор классов рудеральной растительности городов Брянска и Курска / Л. А. Арепьева // Экология. – 2011. – № 5. – С. 392–394.
11. Крылов А. В. Адвентивный компонент флоры Калужской области: натурализация видов / А. В. Крылов, Н. М. Решетникова // Ботанический журнал. – 2009. – Т. 94, №8. – С. 1126–1148.
12. Крылов А. В. Адвентивный компонент флоры Калужской области: динамика распространения видов / А. В. Крылов, Н. М. Решетникова // Ботанический журнал. – 2010. – Т. 95, №3. – С. 350–367.
13. Решетникова Н. М. Изучение ландшафтов Калужской области. Часть 1. Охраняемые виды сосудистых растений – Tracheophyta. / Решетникова Н. М., Крылов А. В., Воронкина Н. В., Шмыгов А. А., Константинов Е. Л., Попченко М. И. – Калуга: Изд-во Калужского государственного университета им. К. Э. Циолковского, 2013. – 145 с.

**ECOLOGICAL-PHYTOCENOTIC ANALYSIS OF THE PARTIAL FLORA OF
RUDERAL HABITATS CITY OF KALUGA**

Evseeva A. A.

*Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovski, Kaluga, Russian
E-mail: annahabarova@yandex.ru*

This study focuses on the study of the floristic composition of vascular plants of spontaneous vegetation of ruderal habitats of the city of Kaluga. Geobotanical sites were laid at the studied points and standard descriptions of vegetation were made using the Brown-Blanca method. Research points were chosen on the territory of the city in such a way as to encompass different types of ruderal vegetation by origin.

The flora of the studied territory of Kaluga is represented by 4 division: Polypodiophyta, Equisetophyta, Pynophyta, Magnoliophyta. 214 species of vascular plants were identified, which is about 14,4 % of the total list of species in the region. Identified species belong to 49 families and 147 genera. We suggest that higher indices of the generic coefficients of the flora of the vegetation of disturbed habitats characterize the flora as more allochthonous in comparison with the flora of the residual urban forests.

The most represented species is the Asteraceae family. Discovered species of this family are mainly related to weeds; adventitious species are found here, such as *Aster salicifolius* Scholl., *Helianthus tuberosus* L., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz, *Solidago gigantea* Ait., *S. canadensis* L., *Erigeron canadensis* L. et al. It was revealed that all the most common families identified contain ruderal, invasive, and other groups of species, indicating habitat changes. Moreover, the Cruciferae family is represented exclusively by weed species. 17 families are monotypic, which is 34.7 % of all identified. The monotyping of families is a consequence of the weakening of intracenic relationships in phytocenoses of a dynamically changing urban environment, where individual representatives of the genus and family are able to grow. The poor species richness of the genera as a whole, and a large proportion of monotypic genera can be explained by the disturbed environment of the city as a habitat and the survival of individual indigenous representatives of the genera in it. An analysis of the correlation of the ecological-coenotic groups of plants of ruderal habitats showed that meadow species dominate in this spectrum, which is due to the "prairification" of the urban flora. In the ecological and coenotic structure of the ruderal vegetation of Kaluga, general patterns of the formation of urban flora are noted.

As a result of the work, the floristic composition and ecological structure of the ruderal vegetation of the city of Kaluga were revealed, which reflects the general patterns of the formation of urban flora. High monotyping of floristic taxa was noted, as well as the phenomenon of "prairification" characteristic of urban vegetation. The presence in the floristic composition of the described communities of a significant number of species of the initial stages of successions, as well as adventitious species, indicates ongoing dynamic processes, so it is necessary to monitor the state of ruderal vegetation of the city. Monitoring of these communities can allow us to identify new adventitious species and

predict their further distribution. The results of this study can serve as the basis for organizing monitoring of ruderal vegetation in the city of Kaluga.

Keywords: urban flora, ruderal vegetation, ecological-phytocenotic analysis of vegetation, adventitious flora.

References

1. Arepieva L. A. Ecological analysis of the cenoflora of ruderal vegetation of urbanized territories of the Kursk region, *Bulletin of the Voronezh state University. Series: Geography. Geoecology*, **1**, 60 (2008).
2. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. 3. Aufl. Wien, 1964. 865 p. Krausch H.-D. Die Pflanzengesellschaften des Stechlinsee-Gebietes. I. Die Gessellschaften des offenen Wassers, *Limnologica*. Bd. 2. Hf. 2, 145 (1964).
3. Mayevsky P. F. *Flora of the middle zone of the European part of Russia. 10th ed.*, 600 p. (Partnership of scientists. KMC publications, Moscow, 2006).
4. Reshetnikova N. M. *Kaluga flora: annotated list of vascular plants of the Kaluga region*, 549 p. (Partnership of scientists. KMC publications, Moscow, 2010).
5. Shestakova G. A., Lykov I. N., Evseeva A. A. Biological diversity of higher plants used in urban greening, depending on the strategy of urban development, *Problems of regional ecology*, **6**, 93 (2012).
6. Arepieva L. A. on communities of late successional stages of ruderal vegetation in urbanized territories of the Kursk region, *Vegetation of Russia*, **21**, 13 (2012).
7. Nigmatova A. M. *Flora of Astrakhan: Dynamics, current state, optimization*, 22 p. (Autoref. Diss. ... Cand. Biol. Sciences : 03.00.16, Astrakhan, 2007) .
8. Shadrin V. A., Fedchuk A. V. Sostsoyanie lesnyh ekosistem pod vliyaniem rekreacii (na primere goroda Izhevsk), *Molodezhnyj nauchnyj vestnik. [Youth Scientific Herald]*, **12 (25)**, 33 (2017).
9. Sokolova I. G. *Synanthropic flora of the city of Pskov*, 18 p. (Author. Diss. ... Cand. Biol. Sciences: 03.00.05, Saint Petersburg, 2006).
10. Arepieva L. A. Phytosociological analysis of the cenoflora of ruderal vegetation classes in the cities of Bryansk and Kursk, *Ecology*, **5**, 392 (2011).
11. Krylov A. V., Reshetnikova N. M. Adventive component of the flora of the Kaluga region: naturalization of species, *Botanicheskij zhurnal, [Botanical Journal]*, **94, 8**, 1126 (2009).
12. Krylov A. V., Reshetnikova N. M. Adventivnyy komponent flory Kaluzhskoy oblasti: naturalizatsiya vidov, *Botanicheskij zhurnal. [Botanical Journal]*, **95, 3**, 350 (2010).
13. Reshetnikova N. M., Krylov A. V., Voronkina N. V., Shmytov A. A., Konstantinov E. L., Popchenko M. I. *Studying the landscapes of the Kaluga region. Part 1. Protected species of vascular plants-Tracheophyta*, 145 p. (Publishing House of Kaluga state University. K. E. Tsiolkovsky, Kaluga, 2013).

УДК 582.5: 581.52

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-47-56

**БИОТОПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
И УСТОЙЧИВОСТЬ К АНТРОПОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ
LISTERA OVATA (L.) R.Br. В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Егорова Н. Ю.¹, Сулейманова В. Н.^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, Киров, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Киров, Россия
E-mail: n_chirkova@mail.ru

Тайник яйцевидный (*Listera ovata* (L.) R.Br.) – травянистый короткокорневищный многолетник. На территории России вид широко распространен в лесной зоне. В Кировской области встречается редко. Цель исследования – выявление экологических предпочтений *L. ovata* и устойчивости к антропогенному воздействию на территории Кировской области. Выявление экологических предпочтений *L. ovata* и оценка устойчивости вида к антропогенному воздействию на территории Кировской области показала, что *L. ovata* предпочитает умеренный климат, хорошо себя чувствует в условиях полутени, произрастает на почвах от свежих до влажных, на нейтральных, умеренно обеспеченных азотом почвах. Растительные сообщества с *L. ovata* представлены олиго и мезо-гемеробными видами: от 30,56 до 37,78 %. Доминируют антропофобные виды: от 62,0 до 77,0 0 %. Доля антропотолерантных видов не высока и варьирует от 23 до 38 %.

Ключевые слова: *Listera ovata* (L.) R.Br., *Orchidaceae*, экологические условия, редкие виды, экологические шкалы, Кировская область.

ВВЕДЕНИЕ

Многие представители семейства *Orchidaceae* Juss. в виду их высокой декоративности являются уязвимыми элементами природных экосистем. В связи с чем, они охраняются во многих странах мира, в том числе и Российской Федерации. Редкость орхидных во многом также определяется экологическими факторами, которые ограничивают их распространение. Поэтому изучение и выявление лимитирующих факторов, диапазона толерантности видов Орхидных и их чувствительности к изменению тех или иных факторов среды на всем протяжении ареала, весьма актуально.

На сегодняшний день работы, посвященные видам семейства *Orchidaceae* в Кировской области не многочисленны [1–5], что затрудняет разработку комплекса региональных мер по охране и сохранению природных местообитаний растений этого семейства.

Тайник яйцевидный (*Listera ovata* (L.) R.Br.) – травянистый короткокорневищный многолетник. Ареал охватывает всю Европу, Кавказ, Крым, Средиземноморье, Малую Азию, Среднюю Азию, Западную Сибирь и юго-западную часть Восточной Сибири [6].

На территории России вид широко распространен в европейской части, северная граница ареала проходит немного южнее Полярного круга; южная – совпадает с границей лесной зоны, в Сибири доходит почти до озера Байкал. На Кавказе растет в горных лесах [7].

Вид становится редким в отдельных частях ареала, занесен в Красные книги 34 регионов [7]. В Кировской области встречается редко [8]. Об уязвимости вида к антропогенному воздействию указывают И. В. Суяндукон [9], М. М. Ишмуратова с соавторами [10], М. Ш. Барлыбаева с соавторами [11]. По данным М. Г. Вахрамеевой, Т. И. Варлыгиной [12] и М. Г. Вахрамеевой с соавторами [13], *L. ovata* обладает устойчивостью к сенокосению, слабому выпасу, слабой рекреации и беглым пожарам.

Цель исследования – выявление экологических предпочтений *L. ovata* и устойчивости к антропогенному воздействию на территории Кировской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования биотопических особенностей распространения *L. ovata* осуществлялись в 2012–2019 гг. в различных фитоценозах таежной зоны в пределах Кировской области (табл. 1).

Описания исследованных растительных сообществ с *L. ovata* выполнены согласно общепринятым геоботаническим методам и подходам [14, 15]. Названия растений приведены по сводке С. К. Черепанова [16]. При оценке экологических предпочтений исследуемого вида использовали шкалы Н. Ellenberg [17].

Для выявления степени устойчивости видов к антропогенному воздействию использовали показатель гемеробии. Гемеробность определяли по составу видов в растительных сообществах, в которых каждый вид имеет индивидуальный спектр толерантности к антропогенным факторам. В работе использовали семибальную шкалу уровней гемеробии [18]: а – агемероб (natuerlich) – виды естественных сообществ, не выносящие антропогенного влияния; о – олигогемероб (naturnah) – виды сообществ, близких к естественным, переносящие нерегулярные слабые влияния; m – мезогемероб (halbnatuerlich) – виды полустественных сообществ, устойчивые к экстенсивным влияниям; b – б–эугемероб (naturfern) – виды далеких от естественных сообществ, устойчивые к интенсивному использованию; с – а–эугемероб (naturfern) – сорные виды природных и антропогенных сообществ, переносящие регулярные сильные нарушения; р – полигемероб (naturfremd) – специализированные сорные виды интенсивных культур; t – метагемероб (kuenstlich) – виды полностью нарушенных экосистем, находящихся на грани уничтожения.

Оценку антропотолерантности исследуемого вида осуществляли по 4-х бальной шкале: 1) очень высокая чувствительность (преобладают а-, о-гемеробы); 2) высокая чувствительность (преобладают о, m-гемеробы); 3) средняя чувствительность (преобладают m, b-гемеробы); 4) низкая чувствительность (преобладают b, с, р, t-гемеробы) [18].

Таблица 1
Фитоценотическая характеристика изученных ценопопуляций *Listera ovata*
(L.) R.Br. в Кировской области

№ ЦП	Тип местообитания	Основные виды травяно-кустарничкового яруса	Основные виды подлеска
1	Опушка сосново-ивовых зарослей по отвалам старого известкового карьера	<i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Calamagrostis langsdorfii</i> , <i>Orthilia secunda</i> , <i>Pimpinella saxifraga</i>	<i>Salix caprea</i> , <i>Chamaecytisus ruthenicus</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Sorbus aucuparia</i>
2	Зарастающие сосной, елью и осиной и разнотравьем отвалы старого карьера, на открытых осыпях разной экспозиции	<i>Chamaenerion angustifolium</i> , <i>Orthilia secunda</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>Calamagrostis langsdorfii</i> , <i>Galium odorata</i>	<i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Salix caprea</i> , <i>Chamaecytisus ruthenicus</i>
3	Разнотравно-злаковый луг	<i>Poa pratensis</i> , <i>Calamagrostis langsdorfii</i> , <i>Phleum pratense</i> , <i>Medicago falcata</i> , <i>Lathyrus pratensis</i> , <i>Hypericum perforatum</i> , <i>Origanum vulgare</i>	-
4	Мезотрофно-сфагновое болото	<i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Oxycoccus palustris</i> , <i>Carex vesicaria</i>	<i>Salix caprea</i>
5	Опушка ельника травяно-черничного	<i>Oxalis acetosella</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Majanthemum bifolium</i> , <i>Aegopodium podagraria</i> , <i>Asarum europaeum</i> , <i>Lathyrus pratensis</i> , <i>Melica nutans</i>	<i>Frangula alnus</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Padus avium</i> , <i>Juniperus communis</i>

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изученные ценопопуляции *L. ovata* описаны в весьма контрастных типах местообитаний и приурочены к следующим ассоциациям: ельнику травяно-черничному (*Melico nutantis-Piceetum abietis*), мезотрофно-сфагновому болоту (*Pino sylvestris-Eryophoretum vaginati*), мезофильным сообществам лесных опушек (*Trifolion repencis*) (рис. 1) и ксеро-мезофитным лугам (*Calamagrostium langsdorfii*). В травяно-кустарничковом ярусе исследованных растительных сообществ с *L. ovata* выявлено от 28 до 36 видов растений. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса варьирует от 20 до 85 %.

Обилие исследуемого вида в большинстве рассматриваемых ЦП оценивается как низкое – sol (ЦП 1, 2), а в ЦП 3, 4, 5 *L. ovata* отмечена единично – r.



Рис. 1. Тайник яйцевидный (*Listera ovata* (L.) R.Br.) в условиях мезофильных сообществ лесных опушек.

Согласно данным, приводимым Т. И. Варлыгиной [6], М. Г. Вахрамеевой с соавторами [7], Н. Ellenberg [17], вид характеризуется достаточно широкой экологической амплитудой. *Listera ovata* хорошо чувствует себя в условиях полутени, но иногда встречается на открытых местах. Мезофит, растет на почвах от средне-сухих до влажных. К богатству почвы нетребователен, растет как на средне-богатых, так и на бедных почвах. Обычен на слабо-кислых почвах, но может расти и на нейтральных и слабо-щелочных, но на очень кислых никогда не встречается.

В результате фитоиндикации исследуемых местообитаний *L. ovata* получены экологические характеристики по шести шкалам Н. Ellenberg [17]. Диаграмма экологического пространства *L. ovata* в пределах Кировской области представлена на рисунке 2.

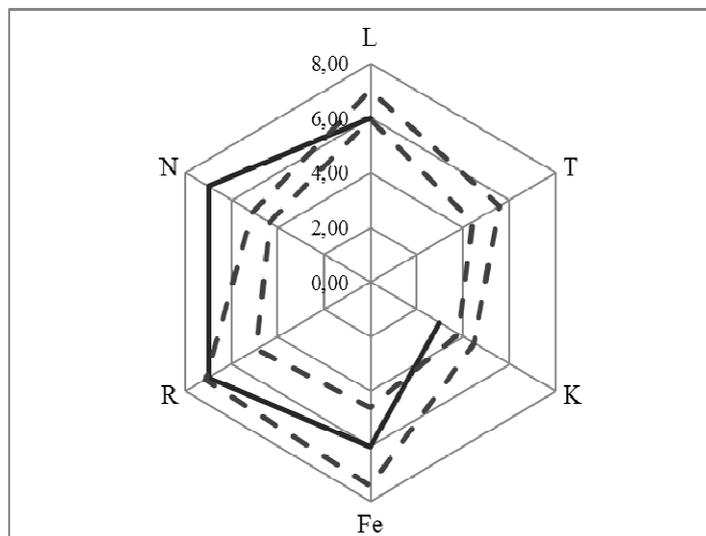


Рис. 2. Диаграмма экологического пространства *Listera ovata* (L.) R.Br. в Кировской области по шкалам Н. Ellenberg (1974).

Примечание: L – освещенность, T – термоклиматическая, K – континентальности климата, Fe – увлажнения почв, R – кислотность почв, N – богатство почв азотом.

- – экологическая позиция вида в исследуемых местообитаниях;
- – экологическая позиция вида по шкалам Н. Ellenberg (1974)

По шкале освещенности, оценивающей отношение растений к относительному освещению, преобладающему в местообитании вида, *L. ovata* произрастает при разном уровне освещенности: как в условиях открытых местообитаний (разнотравно-злаковый луг, мезотрофно-сфагновое болото), так и в тени (опушки лиственных и хвойных фитоценозов) при освещенности 60–80 %.

По отношению к термоклиматическому фактору, оценивающему теплолюбивость / холодостойкость, изучаемый вид является обитателем умеренного климата (5-я ступень шкалы Эллиенберга).

По шкале континентальности *L. ovata* характеризуется как субокеанический вид (4-я ступень шкалы Эллиенберга), что соответствует географической зоне распространения вида в пределах Кировской области.

По отношению к влажности почв, отмечено распространение вида в местообитаниях с почвами от средне-влажных (зарастающие отвалы отработанного известкового карьера (ЦП 1, 2 – 5-я ступень шкалы Эллиенберга) до влажных (мезотрофно-сфагновое болото – ЦП 4) – 6-я ступень шкалы Эллиенберга).

По шкале кислотности почв, которая определяет зависимость видов от кислотно-щелочных условий почв, *L. ovata* занимает местообитания, характеризующиеся от умеренно кислых – рН 4,9–5,6 (ЦП 4 – 5-я ступень шкалы Элленберга) до слабо щелочных почв – рН 5,7–6,5 (ЦП 1, 2 – 7-я ступень шкалы Элленберга).

По шкале азотного богатства, которая показывает общий запас питательных веществ (N, K, P, Mg) в почве, вид приурочен к местообитаниям умеренно обеспеченными основными питательными элементами (все исследуемые ЦП – 5-я ступень шкалы Элленберга).

Оценка антропогенности *L. ovata* к комплексному антропогенному влиянию осуществлялась с использованием показателя гемеробии. Анализ гемеробности по составу видов в растительных сообществах показал следующее. Исследованные растительные сообщества с *L. ovata* представлены преимущественно олиго и мезо-гемеробными видами: от 30,56 до 37,78 % (рис. 3). Это виды сообществ, близких к естественным, переносящие нерегулярные слабые влияния и виды полустественных сообществ, устойчивые к экстенсивным влияниям (*Vaccinium vitis-idaea*, *Fragaria vesca*, *Asarum europaeum*, *Pimpinella saxifraga*, *Melica nutans*, *Maianthemum bifolium*, *Vaccinium myrtillus*).

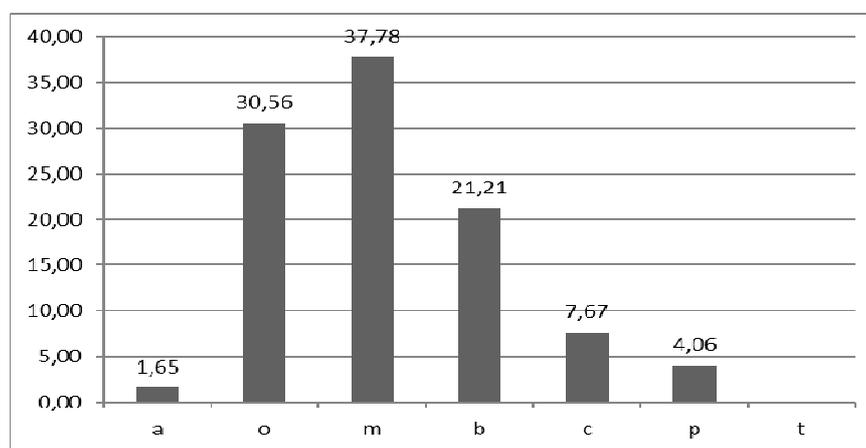


Рис. 3. Спектр гемеробии сообществ с *Listera ovata* (L.) R.Вг. в Кировской области.

Доля видов естественных сообществ, не выносящих антропогенного влияния, составляет 1,65 %. Около 21 % занимают виды далекие от естественных сообществ, устойчивые к интенсивному использованию (*Melilotus albus*, *Pastinaca silvestris*, *Calamagrostis epigeios* и др.). На сорные виды природных и антропогенных сообществ, переносящие регулярные сильные нарушения, приходится 7,67 % (*Trifolium repens*, *Galium odorata*, *Taraxacum officinale* и др.). Доля специализированных сорных видов интенсивных культур составляет 4,06 % (*Chamaenerion angustifolium*, *Tussilago farfara*, *Cirsium arvense*, *Galium aparine*, *Anthriscus silvestris* и др.). Виды полностью нарушенных экосистем в исследованных местообитаниях не выявлены.

Во всех исследуемых фитоценозах с *L. ovata* доминируют антропофобные виды: от 62 до 77 %. Доля антропотолерантных видов не высока и варьирует от 23 до 38 %. Максимальные показатели таких видов выявлены на опушке сосново-ивовых зарослей по отвалам старого известкового карьера. Минимальные на зарастающих сосной, елью и осиной и разнотравьем отвалах старого карьера.

Небольшой разброс и низкие показатели антропотолерантных видов свидетельствуют о невысокой устойчивости *L. ovata* к антропогенному воздействию и уязвимости вида, что отмечали и исследователи из других регионов [9–11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследуемые ценопопуляции *L. ovata* приурочены как к естественным типам местообитаний (мезотрофное осоково-сфагновое болото, опушка ельника травяно-черничного), так и типологически являющимся сукцессионными (зарастающие мелколиственными породами отвалы отработанного известкового карьера).

На основании данных об экологических предпочтениях *L. ovata* на территории Кировской области установлено, что исследуемый вид встречается в условиях как открытых местообитаний, так и полутени при освещенности 60–80 %, произрастает на почвах с влажностью от 40 до 60 %, от умеренно кислых до слабо щелочных (рН от 4,9 до 6,5), умеренно обеспеченных питательными веществами.

Растительные сообщества с *L. ovata* представлены олиго- и мезо-гемеробными видами: от 30,56 до 37,78 %. В спектре гемеробии доминируют антропофобные виды: от 62,0 до 77,00 %, доля антропотолерантных видов не высока и варьирует от 23 до 38 %. Изученные растительные сообщества с *L. ovata* являются слабогемеробными, а исследуемый вид характеризуется не значительной устойчивостью к антропогенному воздействию.

Список литературы

1. Чупракова Е. И. Мониторинговое исследование ценопопуляции *Listera ovata* (L.) R.Br. в Кировской области / Чупракова Е. И., Пересторонина О. Н. // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: Сб. материалов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров: ООО «О-Краткое». – 2008. – С. 44–47.
2. Чупракова Е. И. Структура особей *Calypso bulbosa* (L.) Oakes и *Epipactis palustris* (L.) Crantz с позиции модульной организации / Чупракова Е. И., Савиных Н. П. // Ярославский педагогический вестник. Естественные науки. – 2012. – № 4, Том III. – С. 97–102.
3. Egorova (Chirkova) N. Yu. Conditions of *Cypripedium calceolus* L. coenopopulations in southern taiga forests of Kirov region / Egorova (Chirkova) N. Yu., Luginina E. A., Suleimanova V. N. // Актуальні проблеми ботаніки та екології. Матеріали міжнародної конференції молодих учених (Щолкіне, 18-22 червня 2013 р.). – К.: Фітосоціоцентр. – 2013. – Р. 149–150.
4. Егорова Н. Ю. Оценка состояния ценопопуляций *Cypripedium calceolus* L. на выходах известняковых пород по склонам долины реки Вятка / Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н. // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2019. – № 47. – С. 40–58. Doi: 10.17223/19988591/47/3.
5. Егорова Н. Ю. Оценка состояния *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess. на шламоотвале ОАО «Кировский завод по обработке цветных металлов» / Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н., Лугинина Е. А., Егошина Т. Л., Гудовских Ю. В. // Биодиагностика состояния природных и

- природно-техногенных систем: сборник материалов XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. – Киров: ВятГУ. – 2019. – С. 288–292.
6. Варлыгина Т. И. Род Тайник / Варлыгина Т. И. // Биологическая флора Московской области. – 1995. – Вып.10. – С. 52–63.
 7. Вахрамеева М. Г. Орхидные России (биология, экология и охрана) / Вахрамеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 437 с.
 8. Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Сосудистые растения / Тарасова Е. М. – Киров: ОАО Кировская областная типография, 2007. – 440 с.
 9. Суондуков И. В. Устойчивость некоторых видов семейства *Orchidaceae* к антропогенным воздействиям на Южном Урале / Суондуков И. В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, №5 (3). – С. 108–112.
 10. Ишмуратова М. М. Орхидные (*Orchidaceae* Juss.) на Южном Урале: Эколого-фитоценологические и популяционные характеристики, антропогенная устойчивость, антропоэкология / Ишмуратова М. М., Суондуков И. В., Ишбирдин А. Р., Барлыбаева М. Ш., Набиуллин М. И., Кривошеев М. М. // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2019. – № 3. – С. 240–257.
 11. Барлыбаева М. Ш. Оценка состояния популяций редких и исчезающих видов растений на территории Южноуральского государственного природного заповедника и рекомендации по их сохранению / Барлыбаева М. Ш., Ишмуратова М. М., Горичев Ю. П., Ишмурзина М. Г. // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2018. – № 1. – С. 62–69.
 12. Вахрамеева М. Г. Вопросы устойчивости и охраны популяций орхидных на территории московской области / Вахрамеева М. Г., Варлыгина Т. И. // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. – 1996. – №3. – С. 30–36.
 13. Вахрамеева М. Г. Виды евразийских наземных орхидных в условиях антропогенного воздействия и некоторые проблемы их охраны / Вахрамеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В., Загальский М. Н., Литвинская С. А., Блинова И. В. // Бюллетень МОИП. Отделение биологическое. – 1997. – Т. 102, № 4. – С. 35–43.
 14. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
 15. Миркин Б. М. Наука о растительности (история и состояние основных концепций) / Миркин Б. М., Наумова Л. Г. – Уфа: Гилем, 1998. – 413 с.
 16. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / Черепанов С. К. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
 17. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas / Ellenberg H. – Göttingen, 1974. – 97 s.
 18. Frank D. Biologisch-okologisch Daten zur Flora der DDR / Frank D., Klotz S. – Halle (Saale), 1990. – 167 с.

BIOTOPICAL CHARACTERISTIC OF DISTRIBUTION AND RESISTANCE TO ANTHROPOGENIC PRESS *LISTERA OVATA* (L.) R. BR. IN THE KIROV REGION

Egorova N. Yu.¹, Suleimanova V. N.^{1,2}

¹Federal State Budgetary Scientific Institute «Professor Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming», Kirov, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institute of Higher Education «Vyatka State Agricultural Academy», Kirov, Russia

E-mail: n_chirkova@mail.ru

Stash ovate (*Listera ovata* (L.) R. Br.) – herbaceous short-rooted perennial. The purpose of the study is to identify the environmental preferences of *Listera ovata* and its resistance to anthropogenic impact on the territory of the Kirov region.

As a result of phytosociological studies of the studied *Listera ovata* habitats, ecological characteristics were obtained using six H. Ellenberg scales (1974). According to the

illumination scale, which evaluates the ratio of plants to the relative illumination prevailing in the habitat of the species, *Listera ovata* grows at different levels of illumination: as in open habitats with 60–80 % illumination. In relation to the thermoclimatic factor that evaluates heat / cold resistance, the studied species is an inhabitant of a temperate climate (the 5th stage of the Ellenberg scale). On the continental scale *Listera ovata* is characterized as a suboceanic species (4th stage of the Ellenberg scale), which corresponds to the geographical distribution zone of the species within the Kirov region. In relation to soil moisture, the distribution of the species in habitats with soils ranging from medium-wet (5th stage of the Ellenberg scale) to wet (6th stage of the Ellenberg scale) was noted. On the scale of soil acidity, which determines the dependence of species on acid-base soil conditions, *Listera ovata* occupies habitats characterized from moderately acidic (5th stage of the Ellenberg scale) to weakly alkaline soils (7th stage of the Ellenberg scale). According to the nitrogen richness scale, which shows the total supply of nutrients (N, K, P, Mg) in the soil, the species is confined to habitats with moderately provided basic nutrients (5th stage of the Ellenberg scale).

Analysis of hemerobicity by species composition in plant communities showed that the studied plant communities with *Listera ovata* are mainly represented by oligo and meso-hemerobic species: from 30.56 to 37.78 %. These are species of communities that are close to natural, that tolerate irregular weak influences, and species of semi-natural communities that are resistant to extensive influences (*Vaccinium vitis-idaea*, *Fragaria vesca*, *Asarum europaeum*, *Pimpinella saxifraga*, *Melica nutans*, *Maianthemum bifolium*, *Vaccinium myrtillus*).

The share of species of natural communities that do not tolerate anthropogenic influence is 1.65 %. About 21 % are occupied by species far from natural communities that are resistant to intensive use (*Melilotus albus*, *Pastinaca silvestris*, *Calamagrostis epigeios*). Weed species of natural and anthropogenic communities that suffer regular severe disturbances account for 7.67 % (*Trifolium repens*, *Galium odorata*, *Taraxacum officinale*). The share of specialized weed species of intensive crops is 4.06 % (*Chamaenerion angustifolium*, *Tussilago farfara*, *Cirsium arvense*, *Galium aparine*, *Anthriscus sylvestris*). Types of completely disturbed ecosystems in the studied habitats were not identified.

All studied phytocenoses with *L. ovata* are dominated by anthropophobic species: from 62 to 77 %. The percentage of anthropotolerant species is not high and varies from 23 to 38 %.

Keywords: *Listera ovata* (L.) R.Br., *Orchidaceae*, environmental conditions, rare species, ecological scales, Kirov region.

References

1. Chuprakova E. I., Perestoronina O. N. Monitoring study of the coenopopulation of *Listera ovata* (L.) R.Br. in the Kirov region, *Problems of regional ecology in terms of sustainable development: Collection of materials of the VI all-Russian scientific and practical conference with international participation*, 44. (OOO O-Kratkoe, Kirov, 2008).
2. Chuprakova E. I., Savinykh N. P. Structure of individuals of *Calypso bulbosa* (L.) Oakes and *Epipactis palustris* (L.) Crantz from the position of modular organization, *Yaroslavl pedagogical Bulletin. Natural science*, **4** (3), 97 (2012).

3. Egorova (Chirkova) N. Yu., Luginina E. A., Suleimanova V. N. Conditions of *Cypripedium calceolus* L. coenopopulations in southern taiga forests of the Kirov region, *Actual problems of botany and ecology, Proceedings of the International conference of young scientists*, 149 (K.: Phytocenter, ShChelkino, 2013).
4. Egorova N. Yu., Suleimanova V. N. Estimation of *Cypripedium calceolus* L. coenopopulations on limestone deposits along the valley slopes of the Vyatka River, *Tomsk State University Journal of Biology*, **47**, 40 (2019). doi: 10.17223/19988591/47/3
5. Egorova N. Yu., Suleymanova V. N., Luginina E. A., Egoshina T. L., Gudovskikh Yu. V. Assessment of the state of *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess. on the sludge dump of the Kirov plant for processing non-ferrous metals, *Biodiagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems: collection of materials of the XVII all-Russian scientific and practical conference with international participation*, 288 (Kirov, 2019).
6. Varlygina T. I. Species of *Listera*, *Biological flora of the Moscow region*, **10**, 52 (1995).
7. Vakhrameeva M. G., Varlygina T. I., Tatarenko I. V. *Orchids of Russia (biology, ecology and protection)*, 437 (Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK Publ., 2014).
8. Tarasova E. M. Vyatskiy krau flora. Part 1. Vascular plants, 440 (Kirov: Kirov regional printing house, 2007).
9. Suyundukov I. V. Stability of some species of family Orchidaceae to anthropogenous influences in the southern Urals, *Izvestiya Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*, **13**, **5** (3), 108 (2011).
10. Ishmuratova M. M., Suyundukov I. V., Ishbirdin A. R., Barlybayeva M. Sh., Nabiullin M. I., Krivosheev M. M. Orchids (Orchidaceae Juss.) in the southern Urals: Ecological-phytocoenotic and population characteristics, anthropotolerance, antecology, *Perm University Herald. Series: Biology*, **3**, 240 (2019).
11. Barlybaeva M. Sh., Ishmuratova M. M., Gorichev Yu. P., Ishmurzina M. G. Assessment of populations of rare and endangered species of plants on the territory of the South Ural state nature reserve and recommendations for their conservation, *Bulletin of the Perm University. Series: Biology*, **1**, 62 (2018).
12. Vahrameeva M. G., Varlygina T. I. Questions of sustainability and protection of populations of orchids in the Moscow region, *Vestnik of Moscow University. Series 16. Biology*, **3**, 30 (1996).
13. Vakhrameeva M. G., Varlygina T. I., Tatarenko I. V., Zagulsky M. N., Litvinskaya S. A., Blinova I. V. Species of Eurasian terrestrial orchids under anthropogenic impact and some problems of their protection, *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*, **102** (4), 35 (1997).
14. Methods of investigation of forest communities, 240 (St.-Petersburg, 2002).
15. Mirkin B. M., Naumova L. G. Vegetation science (history and modern state of basic concepts), 413 (Ufa, 1998).
16. Cherepanov S. K. Vascular plants of Russia and neighboring countries (within the former USSR), 992 (St. Petersburg.: Mir and Semya, 1995).
17. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas, 97 (Gottingen, 1974).
18. Frank D., Klotz S. Biologisch-okologisch Daten zur Flora der DDR, 167 (Halle (Saale), 1990).

УДК 577.15:636.4

АКТИВНОСТЬ ТРАНСАМИНАЗ В КРОВИ РАСТУЩИХ ХРЯКОВ РАЗНЫХ ПОРОД

Еременко В. И., Титовский А. В.

*Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И. И. Иванова, Курск, Россия
E-mail: vic.eriomenko@yandex.ru*

Объектом исследования были хряки крупной белой породы, ландрас, дюрок и темпо. Возраст хряков был от 6 до 18 месячного возраста. Кровь для исследования отбирали и бедренной вены в 6,7,8,12 и 18 месячном возрасте у 10 голов от каждой породы. В крови определяли активность АСТ и АЛТ. Установлено, что с увеличением возраста хряков от 6 до 18 месячного возраста активность трансаминаз увеличивается независимо от их породной принадлежности. Во все периода роста хряков относительно более высокие значения АСТ и АЛТ отмечены у породы дюрок и темпо по отношению к данным породы крупная белая и ландрас.

Ключевые слова: хряки, порода крупная белая, ландрас, дюрок, темпо, аланинаминотрансфераза, аспаратаминотрансфераза

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее рентабельной отраслью в животноводстве является свиноводство, что обусловлено биологическими особенностями свиней, такими как скороспелость, многоплодие, а также эти животные обладают высоким выходом убоя [1–3]. Современные способы интенсивного выращивания животных сопровождаются значительными отклонениями от их естественных условий кормления и содержания [4, 5]. Все это приводит к нарушению функций различных органов и систем и в конечном итоге к нарушению обмена веществ и снижению их продуктивности [6–9]. В настоящее время в промышленном свиноводстве для селекционной работы используется множество различных пород хряков с высоким генетическим материалом, которым свойственны породные особенности обмена веществ [10–13]. По показателям крови определяют направленность и уровень обменных процессов, а также производят оценку продуктивных качеств животных [14, 15]. Установлено, что свое действие гены осуществляют через ферментные системы и тем самым влияют на уровень метаболических процессов, что в свою очередь отражается на продуктивности животных. Центральными ферментами в организме животных, которые регулируют азотистый обмен являются трансаминазы, которые осуществляют перенос водорода и аминок групп от одной молекулы субстрата к другой без промежуточного образования аммиака с аминокислоты на кетокислоту с образованием новой аминокислоты и кетокислоты. Таким образом, трансаминазы участвуют в обмене аминокислот.

В связи с этим была поставлена цель изучить динамику активности аспаратаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы у хряков разных пород от 6 до 18-ти месячного возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования были хряки 4 пород: крупная белая, ландрас, дюрок и темпо по 10 голов от каждой породы. Животные были аналогами по возрасту. Кормление и содержание животных было одинаковым и соответствовало зоотехническим нормам. Кровь для исследования аминотрансфераз отбирали до утреннего кормления из бедренной вены в 6, 7, 8, 12 и 18-ти месячном возрасте. В крови определяли активность аспаратаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы. Полученные биохимические анализы обработаны методом вариационной статистики с использованием программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Аланинаминотрансфераза (АЛТ). Активность АЛТ в разные возрастные периоды хряков изучаемых пород приведена в таблице 1.

Таблица 1
Динамика активности аланинаминотрансферазы в крови растущих хряков (ммоль/л·ч)

Породы	Возраст (мес.)				
	6	7	8	12	18
крупная белая	0,15±0,01	0,19±0,02	0,18±0,02	0,21±0,02	0,23±0,03
ландрас	0,23±0,02	0,24±0,03	0,22±0,02	0,26±0,02	0,27±0,03
дюрок	0,22±0,02	0,24±0,03	0,24±0,03	0,25±0,02	0,28±0,03
темпо	0,26±0,02*	0,26±0,03	0,25±0,03	0,33±0,03*	0,34±0,03*

Примечание: *P<0,05 к данным крупной белой породы

Из приведенных данных следует, что в 6-ти месячном возрасте при сравнении изучаемых пород более высокой активностью этого фермента была у хряков породы темпо – 0,26±0,02 ммоль/л·ч. У крупной белой породы активность АЛТ была значительно ниже и составляла 0,15±0,01 ммоль/л·ч. Различия были отмечены как статистически достоверные (P<0,05). У породы ландрас и дюрок эти показатели в 6-месячном возрасте составляли 0,23±0,02 ммоль/л·ч. и 0,22±0,02 ммоль/л·ч. соответственно. В 7-месячном возрасте активность АЛТ существенным изменениям не подвергалась и была на уровне от 0,19±0,02 до 0,26±0,03 ммоль/л·ч. Примерно на том же уровне этот показатель был и в 8-месячном возрасте. Активность АЛТ в этот период была в границах между 0,18±0,02 и 0,25±0,03 ммоль/л·ч. К 12-месячному возрасту активность АЛТ увеличивалась у всех подопытных хряков. Относительно наиболее высокая активность АЛТ была отмечена у хряков породы темпо –

0,33±0,3 ммоль/л·ч. По отношению к хрякам крупной белой породы различия были статистически достоверными (P<0,05). Активность АЛТ у хряков крупной белой породы в этом возрасте составляла 0,21±0,02 ммоль/л·ч. У породы ландрас и дюрок активность этого фермента в 12-месячном возрасте была примерно одинаковой и составляла 0,26±0,02 ммоль/л·ч. и 0,25±0,02 ммоль/л·ч. соответственно. К 18-месячному возрасту активность АЛТ у всех изучаемых пород хряков по отношению к предыдущему показателю незначительно увеличилась и составляла у крупной белой породы 0,23±0,03 ммоль/л·ч. у породы ландрас 0,27±0,03 ммоль/л·ч. у породы дюрок 0,28±0,03 ммоль/л·ч. у породы темпо 0,34±0,03 ммоль/л·ч. По отношению к крупной белой породе различия были статистически достоверными (P<0,05). Таким образом, во все периоды опыта от 6 до 18 месячного возраста активность АЛТ была выше у хряков породы темпо, а в 6,12 и 18 месячном возрасте различия с крупной белой породой были статистически достоверными (P<0,05).

Аспартаминотрансфераза (АСТ). Анализируя результаты исследования активности АСТ у хряков в 6-месячном возрасте видно, что более высокая активность этого фермента была у животных породы дюрок и составляла 0,32±0,03 ммоль/л·ч. (табл. 2).

Таблица 2

Динамика активности аспартаминотрансферазы у растущих хряков разных пород (ммоль/л·ч.)

Породы	Возраст (мес.)				
	6	7	8	12	18
Крупная белая	0,23±0,02	0,25±0,02	0,28±0,02	0,32±0,03	0,31±0,03
Ландрас	0,28±0,02	0,31±0,03	0,33±0,02	0,35±0,04	0,35±0,03
Дюрок	0,32±0,03*	0,35±0,02	0,36±0,03	0,39±0,04	0,40±0,03*
Темпо	0,30±0,03	0,34±0,03	0,35±0,04	0,41±0,03*	0,40±0,03*

Примечание: *P<0,05 к крупной белой породе

У хряков породы темпо этот показатель в 6-месячном возрасте составлял 0,30±0,03 ммоль/л·ч. По отношению к данным хряков породы крупная белая 0,23±0,02 ммоль/л·ч. различия между породой дюрок были статистически достоверными (P<0,05). У хряков породы ландрас активность АСТ составляла 0,28±0,02 ммоль/л·ч. К 7-месячному возрасту активность АСТ у всех сравниваемых пород хряков незначительно увеличилась. У хряков крупной белой породы увеличение произошло на 8,6 % и составило 0,25±0,02 ммоль/л·ч. у породы ландрас на 10,7 и составило 0,31±0,03 ммоль/л·ч. у породы дюрок на 9,4 % и составило 0,35±0,02 ммоль/л·ч. у породы темпо на 13,3 % и составило 0,34±0,03 ммоль/л·ч. К 8-месячному возрасту увеличение продолжилось, но в меньшей мере. У хряков крупной белой породы к 8-месячному возрасту активность АСТ увеличилась до 0,28±0,02 ммоль/л·ч. у породы ландрас до 0,33±0,3 ммоль/л·ч. у породы дюрок до 0,36±0,03 ммоль/л·ч. у породы темпо до 0,35±0,04 ммоль/л·ч. В дальнейшем к 12-

месячному возрасту этот показатель у всех пород хряков продолжил увеличиваться. Наиболее высоким этот показатель в этом возрасте был в хряков породы темпо и составил $0,41 \pm 0,03$ ммоль/л·ч. По отношению к аналогичным данным крупной белой породы $0,32 \pm 0,03$ ммоль/л·ч. эти различия были статистически достоверными ($P < 0,05$). У хряков породы ландрас активность АСТ составляла $0,35 \pm 0,04$ ммоль/л·ч. а у породы дюрок – $0,39 \pm 0,04$ ммоль/л·ч. Начиная с 12-месячного возраста активность АСТ можно считать, что она стабилизировалась поскольку в 18-месячном возрасте эти показатели практически оставались на уровне показателей 12-месячного возраста. Так у породы крупной белой активность АСТ составляла $0,31 \pm 0,03$ ммоль/л·ч. у породы ландрас $0,35 \pm 0,03$ ммоль/л·ч. У породы дюрок и темпо активность АСТ в 18-месячном возрасте составляла $0,40 \pm 0,03$ ммоль/л·ч., а различия по отношению к данным хряков крупной белой породы были статистически достоверными ($P < 0,05$). Таким образом, проведенные исследования активности АСТ у хряков исследуемых пород от 6 до 18-месячного возраста свидетельствует о том, что более высокая активность АСТ в этом возрастном периоде наблюдалась у хряков породы дюрок и темпо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования активности трансаминаз в крови хряков разных пород свидетельствует о том, что с увеличением возраста животных от 6 до 18 месяцев активность АСТ и АЛТ постепенно увеличивается. Так в 6 месячном возрасте активность АЛТ была в границах от 0,15-0,26 ммоль/л·ч. к 18-месячному возрасту этот показатель увеличился до значений 0,23–0,34 ммоль/л·ч. Изменения активности АСТ подобны изменениям АЛТ. Так в 6 месячном возрасте активность АСТ была в границах от 0,23 до 0,30 ммоль/л·ч. К 18-месячному возрасту этот показатель увеличился до значений 0,31–0,40 ммоль/л·ч. Во все возрастные периоды более высокой активность трансаминаз наблюдалась у хряков породы дюрок и темпо по отношению к сравниваемым породам крупная белая и ландрас.

Список литературы

1. Походня Г. С. Теория и практика воспроизводства и выращивания свиней / Походня Г. С. – М.: 1990. – 271 с.
2. Шремер Г. Промышленное производство мяса свиней / Шремер Г., Франц В., Кирмзе К. – М.: Колос, 1978. – 236 с.
3. Михайлов Н. В. Селекция свиней на мясные качества / Михайлов Н. В., Святогоров Н. А., Костылев Э. В. // Зоотехния. – 2011. – № 9. – С. 4–6.
4. Аберкулов М. Н. Использование интерьерных показателей в селекции сельскохозяйственных животных / Аберкулов М. Н. – Ташкент, 1987. – 35 с.
5. Володин В. А. О сроках продолжительности овуляции и осеменения ремонтных свинок в условиях промышленного комплекса / Володин В. А. // С.-х. биология. – 1991. – № 6. – С. 67–71.
6. Кальницкий Б. Д. Минеральные вещества в кормлении животных. / Кальницкий Б. Д. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 207 с.
7. Косарев В. Е. Становление репродуктивной функции свинок при различной системе содержания / Косарев В. Е., Сеин О. Б. // Профилактика и лечение заболеваний с.-х. животных. – Новочеркасск, 1984. – С.61–66.

8. Дегай В. Ф. Гинекологическая эндокринология в ветеринарной медицине / Дегай В. Ф. – Уссурийск, 2004. – 218 с.
9. Волосков П. А. Основы борьбы с бесплодием сельскохозяйственных животных / Волосков П. А. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 204 с.
10. Перевойко Ж. А. Биохимические показатели крови хряков и свиноматок крупной белой породы разных линий и семейств / Перевойко Ж. А. // Зоотехния – 2011. – № 11. – С. 7–9.
11. Погодаев В. А. Влияние стимуляторов СИТР и СТ на биохимические показатели крови и продуктивность свиноматок / Погодаев В. А., Каршин С. П. // Зоотехния – 2011. – № 5. – С. 22–24.
12. Нарижный А. Г. Определение оптимальных режимов полового использования хряков производителей / Нарижный А. Г. // Зоотехния – 2011. – № 11. – С. 29–31.
13. Терентьева А. С. Свиноводство Китая / Терентьева А. С. // С.-х. за рубежом. – 1983. – № 7. – С. 11–12.
14. Andres C. I. Effect of recombinant porcine somatotropin (rPST) on puberty, reproduction and growth in gilts / Andres C. I., Green M. L., Clapper I. A. [et al.] // Proc. – 1990. – P. 85–86.
15. Day B. N. Control of estrus and ovulation in swine / Day B. N. // Agri-Practice. – 1989. – Vol. 10 – No 3 – P. 11–15.

TRANSAMINASE ACTIVITY IN THE BLOOD OF GROWING BOARS OF DIFFERENT BREEDS

Eremenko V. I., Titovsky A. V.

*I. I. Ivanov Kursk state agricultural Academy, Kursk, Russia
E-mail: vic.eriomenko@yandex.ru*

The object of the study were boars of large white breed, landrace, duroc and tempo. The age of the boars was from 6 to 18 months of age. The conditions for feeding and keeping animals were the same and corresponded to zootechnical standards. All the experimental boars were similar in age. Blood for the study was taken before morning feeding from the femoral vein at 6, 7, 8, 12 and 18 months of age in 10 heads from each breed. The activity of AST and ALT was determined in the blood. It was found that with increasing age of boars from 6 to 18 months of age, the activity of transaminases increases regardless of their breed affiliation. On average, the increase in ALT activity from 6 to 18 months of age occurred in the range from 0.15–0.26 mmol/l.h. to 0.23–0.34 mmol/l.h. So at 6 months of age, when comparing the studied breeds, the higher activity of this enzyme was in boars of the tempo breed – 0.26 ± 0.02 mmol/l.h. in a large white breed, ALT activity was significantly lower and was 0.15 ± 0.01 mmol/l.h. The differences were noted as statistically significant ($P < 0.05$). In the landraces and duroc breeds, these indicators at 6 months of age were 0.23 ± 0.02 mmol/l.h. and 0.22 ± 0.02 mmol/l.h., respectively. By 18 months of age, ALT activity in all studied boar breeds in relation to the previous indicator increased slightly and amounted to a large white breed 0.23 ± 0.03 mmol/l.h., in the landrace breed 0.27 ± 0.03 mmol/l.h., in the duroc breed 0.28 ± 0.03 mmol/l.h., in the tempo breed 0.34 ± 0.03 mmol/l.h. in relation to a large white breed, the differences were statistically significant ($P < 0.05$). The activity of AST varied in the range from 0.23–0.30 mmol/l.h. to 0.31–0.40 mmol/l.h. in boars of the tempo breed, this indicator at 6 months of age was 0.30 ± 0.03 mmol/l.h. in relation to the data of boars of the large white breed, 0.23 ± 0.02 mmol/h.ml. differences between the duroc breed were statistically significant

($P < 0.05$). In landras boars, the AST activity was 0.28 ± 0.02 mmol/l.h. Starting at 12 months of age, the activity of AST can be considered to have stabilized because at 18 months of age, these indicators almost remained at the level of indicators of 12 months of age. Thus, in a large white breed, the AST activity was 0.31 ± 0.03 mmol/l.h., in the landras breed 0.35 ± 0.03 mmol/l.h. in the duroc and tempo breeds, the AST activity at 18 months of age was 0.40 ± 0.03 mmol/l.h., and the differences in relation to the data of boars of a large white breed were statistically significant ($P < 0.05$). In all periods of the experiment from 6 to 18 months of age, ALT activity was higher in boars of the tempo breed, and in 6, 12 and 18 months of age, the differences with the large white breed were statistically significant ($P < 0.05$). The activity of AST in the duroc boar breed at 6 and 18 months of age in relation to the data of boars of a large white breed was statistically reliable, and in the tempo breed in relation to a large white breed such differences were established at 12 and 18 months of age ($P < 0.05$). Thus, the conducted studies of AST activity in boars of the studied breeds from 6 to 18 months of age indicate that higher AST activity in this age period was observed in boars of the duroc and tempo breeds.

Keywords: boars, large white breed, landrace, duroc, tempo, alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase.

References

1. Pokhodnya G. S. *Theory and practice of reproduction and cultivation of pigs*, 271 p. (Moscow: 1990).
2. Kremer G., Franz V., Kirmse K. *Industrial production of pig meat*, 236 p. (Moscow: Kolos, 1978).
3. Mikhailov N. V., Svyatogorov N. A., Kostylev E. V. Selection of pigs for meat qualities, *Zootechnia*, **9**, 4. (2011).
4. Abkulov M. N. *Use of interior indicators in selection of farm animals*, 35 p. (Tashkent, 1987).
5. Volodin V. A. On the timing of the duration of ovulation and insemination of repair pigs in the conditions of the industrial complex, *S.-h. biology*, **6**, 67 (1991).
6. Kalnitsky B. D. *Mineral substances in animal feeding*, 207 p. (L.: Agropromizdat, 1985).
7. Kosarev V. E., Sein O. B. Formation of reproductive function of pigs at different system of maintenance, *Prevention and treatment of diseases of agricultural animals*, 61. (Novocherkassk, 1984).
8. Degay V. F. *Gynecological endocrinology in veterinary medicine*, 218 p. (Ussuriysk, 2004).
9. Voloskov P. A. *Fundamentals of combating infertility of farm animals*, 204 p. (Moscow: Selhozgiz, 1960).
10. Perevoiko Zh. A. Biochemical indices of blood of boars and sows of large white breed of different lines and families, *Zootechnia*, **11**, 7 (2011).
11. Pogodaev V. A., Karshin S. P. Influence of stimulators of SITR and ST on biochemical indicators of blood and productivity of sows, *Zootechnia*, **5**, 22 (2011).
12. Narizhny A. G. Determination of optimal modes of sexual use of boars of producers, *Zootechnia*, **11**, 29 (2011).
13. Terentyeva A. S. Pig breeding of China, *Agricultural abroad*, **7**, 11 (1983).
14. Andres C. I., Green M. L., Clapper I. A. et al. Effect of recombinant porcine somatotropin (rPST) on puberty, reproduction and growth in gilts, *Proc.*, 85 (1990).
15. Day B. N. Control of estrus and ovulation in swine, *Agri-Practice*, **10**, **3**, 11 (1989).

УДК 612.822.3

СКРИНИНГ НАРУШЕНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У ОБУЧАЮЩИХСЯ ВУЗА

Ибрагимова Э. Э.

*ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,
Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: evelina_biol@mail.ru*

В статье представлены результаты скрининга нарушений опорно-двигательной системы 83 обучающихся обоего пола. На основе соматоскопического исследования и расчета индексов (плечевого и подометрического), а также показателя асимметрии, выявлены нарушения опорно-двигательного аппарата у 31,32 % обучающихся, у 34,94 % – плоскостопие разной степени, асимметрия – у 36,14 %.

Внутригрупповой анализ выявленных нарушений позволил установить статистически значимые гендерные отличия ($p < 0,001$) между юношами и девушками. В частности, нарушения осанки были установлены у 10,25 % юношей и 47,72 % девушек. Уплотнение свода стопы – у 20,52 % юношей и 47,72 % девушек. Установлено, что девушки имели как более выраженные нарушения осанки и уплощение свода стопы, так и более высокую частоту их встречаемости в сравнении с юношами. Высказано предположение, что одной из возможных причин гендерных отличий является сложная гормональная перестройка, происходящая у девушек данной возрастной группы и оказывающая влияние на костную ткань.

Рекомендуется проведение мониторинга состояния опорно-двигательного аппарата обучающихся с целью выявления функциональных нарушений для предупреждения негативных изменений в функционировании организма в будущем, таких как: заболевания ОДС, внутренних органов, приводящие к снижению трудоспособности.

Ключевые слова: опорно-двигательная система, нарушения осанки, деформация позвоночника, асимметрия, плоскостопие, обучающиеся, гормоны.

ВВЕДЕНИЕ

Опорно-двигательный аппарат – это совокупность связанных между собой элементов костной и мышечной систем, обеспечивающих локомоцию, статистическую работу и сохранение положения тела, защиту органов грудной полости, полости черепа, обменную функцию (депо Ca^{2+}), кроветворную.

Широкий спектр выполняемых физиологических функций опорно-двигательной системы (ОДС) свидетельствует о том, что ее нарушение может сопровождаться выраженными изменениями в функционировании организма [1].

Формирование опорно-двигательной системы начинается в пренатальном онтогенезе (на 2-м месяце внутриутробного развития) и завершается в 20–25-летнем возрасте. Таким образом, активное формирование ОДС пролонгировано во времени и совпадает не только с периодами роста и развития детей и подростков, но и с их обучением. Следовательно, необходим мониторинг состояния опорно-двигательной

системы обучающихся [2] для предупреждения негативных изменений в функционировании организма в будущем, что может явиться одной из причин развития заболеваний ОДС, внутренних органов, приводящим к снижению трудоспособности [3].

Многочисленные исследования по оценке состояния опорно-двигательного аппарата обучающихся разных возрастных групп свидетельствуют о том, что на протяжении обучения в школе, вузе прогрессивно возрастает число лиц с нарушениями ОДС и, соответственно, контингент специальных медицинских групп [2–4]. По данным Кабышевой М. И. с соавтором, при обследовании студентов были выявлены функциональные нарушения ОДС, в частности, у 36 % – нарушения осанки, 48 % имели незначительные асимметрии, 44 % – плоскостопие, 24 % обследованных – плоскостопия и нарушения осанки [2]. Авторы пришли к заключению о необходимости внедрения интегрированной программы ранней диагностики нарушений ОДС и комплексной физкультурной реабилитации этих нарушений.

Изменения в функционировании ОДС как правило начинаются в детском возрасте, постепенно прогрессируя по мере взросления ребенка, в периоды ростовых спуртов, что подтверждается установленной взаимосвязью между ростом осевого скелета и его прогрессирующей деформацией [5]. Так, при обследовании 85204 детей были выявлены деформации позвоночника у 29736 обследованных, то есть частота встречаемости патологии составила 34,9 % [4]. Гайдук А. А. при обследовании 2300 детей с деформацией позвоночника, у 800 выявил перекосы таза и 5 видов статистических деформаций осевого скелета [6].

Причин нарушений ОДС достаточно много, к их числу можно отнести: быстрый рост позвоночника, слабое развитие мышечного корсета спины и разновеликость нижних конечностей [7], гиподинамию [6], дисплазию соединительной ткани [8], отягощенную наследственность [9], несоблюдение гигиенических правил и норм, болезни обмена веществ, нейрогуморальные нарушения [2] и т. д. Следовательно, возникает острая необходимость в мониторинге и выявлении нарушений ОДС у обучающихся с целью предупреждения развития серьезных нарушений [2, 10]. Таким образом цель нашего исследования заключалась в проведении скрининга нарушений опорно-двигательной системы у обучающихся.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании на добровольной основе приняли участие студенты 1–2-х курсов Крымского инженерно-педагогического университета имени Февзи Якубова. Все участники были предупреждены о цели исследования и согласились на участие в нем. Было проведено обследование 83 обучающихся обоего пола (юноши – n = 39, девушки – n = 44, возраст $17,59 \pm 0,74$ лет).

Скрининг нарушений ОДС осуществляли путем проведения соматоскопии в соответствии с рекомендациями [11, 12], а также на основе расчетных индексов. Нарушение осанки диагностировали путем расчета плечевого индекса (ПИ, %) по формуле В. К. Велитченко:

$$ПИ = \frac{ШПл \cdot 100}{ДПл}, \text{ где}$$

ШПл – ширина плеч, см (со стороны груди);

ДПл – плечевая дуга, см (со стороны спины).

ПИ = 90–100 % – осанка правильная, *ПИ* < 90 % – нарушение осанки.

Асимметрию определяли путем измерения расстояния от С₇ (7-го шейного позвонка) до левой – S₁ и правой – S₂ лопатки. Совпадение полученных результатов измерений свидетельствует о отсутствии нарушений, разница показателей – наличие асимметрии.

Плоскостопие диагностировали на основе вычисления подометрического индекса (П, %) по методу Фридлянда [12]. Для этого измеряли длину и высоту стопы (расстояние от подошвы стопы до верхнего края ладьевидной кости), после чего проводили расчет по формуле:

$$П = \frac{ВС \cdot 100}{ДС}, \text{ где}$$

ВС – высота стопы, мм; *ДС* – длина стопы, мм.

Степень плоскостопия определяли по следующей шкале:

П ≥ 31% – высокий свод;

П = 29-31% – норма;

П = 27-29% – плоскостопие I степени;

П = 25-27% – плоскостопие II степени;

П < 25% – плоскостопие III степени.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с использованием программного обеспечения Microsoft Excel путем расчета среднего арифметического (M), стандартной ошибки средней (m), среднеквадратического отклонения (SD). Оценка достоверности полученных данных осуществлялась при помощи t-критерия Стьюдента. Тесноту связи полученных показателей определяли с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты соматоскопирования, а также расчеты индексов, позволили выявить у обследованных студентов определенные нарушения ОДС. В частности, средний показатель величины плечевого индекса составил 91,55±0,57, что может свидетельствовать о нормальной осанке в обследованной группе обучающихся, однако анализ индивидуальных показателей позволил выявить лиц с нарушениями осанки – 31,32 %. Показатели плечевого индекса, отражающие состояние позвоночного столба обследованных юношей и девушек, варьировали в пределах от 81 до 89 % (норма ПИ = 90–100%). Полученные данные согласуются с представленными в литературе. Науменко О. А. отмечает [10], что профилактические осмотры обучающихся вузов позволяют выявить значительное число молодых людей с дефектами ОДС (нарушениями осанки и плоскостопие). Согласно данным Гайдук А. А. и Потапчук А. А. [3] у каждого из пяти

обследованных детей и подростков обнаруживаются видимые нарушения ОДС – статические деформации. Одной из наиболее частых причин статических деформаций является разновеликость нижних конечностей, сопровождающаяся перекосами таза, приводящими в последствии к искривлениям позвоночного столба во фронтальной, сагиттальной и горизонтальной плоскостях (асимметрия, сколиотическая деформация) [3] и формированию компенсаторной дуги искривления [13]. В этой связи были проанализированы показатели разницы расположения лопаток от С₇. Результаты подтвердили предположение о асимметрии – разница в расстоянии от С₇ до лопаток составила $0,78 \pm 0,07$ см. Следовательно, одной из причин нарушения осанки у обследованных обучающихся является асимметрия, возникающая вследствие статических деформаций осевого скелета. Выявления нарушений осанки на ранних стадиях имеет важное профилактическое значение, так как данное донологическое состояние ОДС при ранней диагностике и проведении реабилитационных мероприятий является обратимым процессом [14].

В группе юношей средний показатель плечевого индекса составил $ПИ = 95,02 \pm 0,53$, что свидетельствует о наличии нормальной осанки. Внутригрупповой анализ позволил установить 10,25 % юношей нарушение осанки (средний показатель плечевого индекса – $ПИ = 87,25 \pm 1,07$). При осмотре юношей с нарушениями осанки у одного юноши был выявлен лордотический тип позвоночного столба, отличительной особенностью которого является наличие малой шейной кривизны при резко выраженной поясничной. У второго юноши обе кривизны и выпуклость были очень выраженными, что свидетельствует о кифотическом типе позвоночного столба. У двоих обучающихся была выявлена деформация позвоночника сколиотического характера. О деформации позвоночного столба свидетельствует также обнаруженная у обследованных молодых людей асимметрия – разница в расстоянии от шейного позвонка до лопаток варьировала от 1,5 до 2 см.

Анализ причин выявленных нарушений молодые люди связывают с наследственностью и гиподинамией. Двое юношей (5,13 %) имели сочетанные нарушения ОДС – у них отмечалось как нарушение осанки, так и плоскостопие II степени. Таким образом, у 10,25 % юношей были обнаружены нарушения осанки и у 20,51 % – плоскостопие I и II степеней, среди них двое юношей имели сочетанные нарушения – нарушение осанки и плоскостопие.

Сравнительный анализ показателей плечевого индекса юношей и девушек позволил установить статистически значимые различия ($p < 0,001$). Так, в группе девушек средний показатель величины плечевого индекса составил $ПИ = 87,86 \pm 0,46$. Величина плечевого индекса ниже 90 % свидетельствует о нарушении осанки у обследуемых. Внутригрупповой анализ позволил установить у 47,72 % девушек нарушение осанки (средний показатель плечевого индекса – $ПИ = 85,27 \pm 0,41$). Среди девушек с низкой величиной ПИ ($n = 21$), у 72,72 % была обнаружена асимметрия (разница от седьмого шейного позвонка до левой и правой лопатки варьировала от 0,5 до 2 см). С целью определения характера нарушения осанки проводили наклоны туловища, осмотр в фас и сбоку

(отклонение от оси). Слабовыраженная асимметрия плеч и лопаток у 18 девушек может свидетельствовать о наличии сколиоза I степени: отмечается незначительная асимметрия плеч, лопаток. При этом у большинства девушек превалировал перекося в левую сторону ($n = 15$). Установлено, что левосторонняя девиация позвоночника встречается гораздо чаще правой, что связано с более частым укорочением левой конечности [15], при этом среди девочек и девушек отмечается более усиленное скручивание туловища [4]. Следует отметить, что данный дефект на начальной стадии не имеет стойкого характера, при напряжении мускулатуры выпрямляется. Следовательно, при грамотно спланированных занятиях физической культурой, направленных на укрепление мышечного корсета, можно достичь положительного результата.

У трех девушек деформации позвоночного столба были более выраженными, что отражалось не только в снижении плечевого индекса, но и выраженной асимметрии надплечий и лопаток, а также формировании мышечных компенсаторных валиков, свидетельствующих о сколиозе II степени. Формирование мышечного валика обусловлено компенсаторными механизмами поддержания баланса тела за счет гипертонуса одних мышц при гипотонусе других, такая несогласованная работа мышечного аппарата приводит в конечном счете к деформации позвоночника.

Следует отметить, что нарушения осанки также могут быть следствием плоскостопия [7]. Плоскостопие может привести к нарушению функционирования ОДС, что обусловлено важными физиологическими функциями стоп – опорной, балансирующей, рессорной и толчковой [16], в этой связи нарушение указанных функций приводит к нагрузке на нижние конечности, таз и позвоночник, что сопровождается его искривлением в сагиттальной и фронтальных плоскостях [17] и нарушением функций костно-мышечной системы в целом [18].

Расчет показателей подометрического индекса показал, что у 34,94 % молодых людей обоего пола диагностируется плоскостопие разной степени (рис. 1).

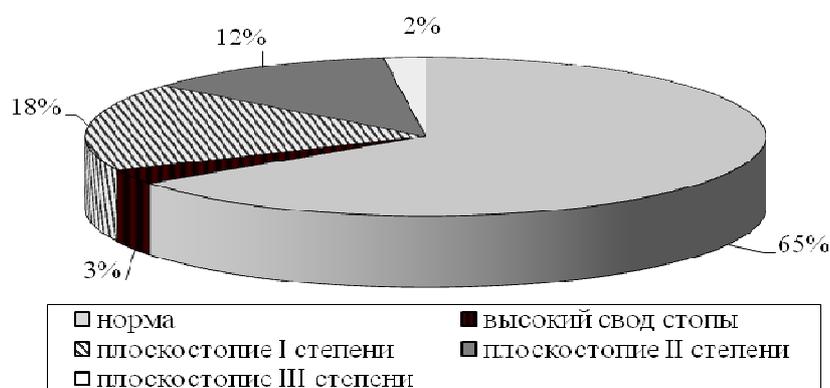


Рис. 1. Внутригрупповое распределение частоты встречаемости нарушений свода стопы в обследованной группе обучающихся ($n = 23$).

Полученные результаты имели статистически значимые отличия. В частности, плоскостопие было диагностировано у 20,51% (n = 8) юношей: у 6 из них было установлено плоскостопие I степени, у 2 – плоскостопие II степени. Среди девушек частота встречаемости плоскостопия составила 47,72 % (n = 21), что в 2,32 раза больше чем у юношей. У двух девушек имело место плоскостопие II и III степени (II = 25 %, II = 22 %), что может быть одной из причин деформации позвоночного столба. Наше предположение подтверждается тем, что 11 девушек (25 %) имели сочетанные нарушения ОДС (нарушение осанки и плоскостопие).

Расчет коэффициента корреляции Спирмена (девушки – $r = 0,311$; юноши – $r = 0,4$) позволил выявить прямую статистически значимую ($p < 0,05$) связь между исследуемыми признаками (величина плечевого индекса и подометрического индекса), теснота (сила) связи по шкале Чеддока – умеренная зависимость.

Более высокая частота встречаемости плоскостопия среди девушек обусловлена рядом причин, к числу которых можно отнести ношение обуви на высоких каблуках и избыточную нагрузку, приводящую к уплощению свода стопы. Кроме того, у двух девушек с плоскостопием имел место избыточный вес. Таким образом, уплощение свода стопы оказалось более выраженным у девушек, как по степени нарушения, так и по частоте встречаемости.

Таким образом, по исследованным показателям (нарушение осанки, величина подометрического индекса, асимметрия) девушки лидировали. Кроме того, статистически значимые гендерные отличия имели место и по частоте встречаемости сочетанных нарушений, которые у девушек встречались в 4,87 раза ($p < 0,001$) чаще, чем у юношей. Данная тенденция особенно ярко начинает проявляться к началу пубертатного возраста (11–13 лет) и сохраняется практически неизменной до 17 лет [4]. Очевидно, это связано со сложной гормональной перестройкой организма девочек-подростков в период полового созревания [19, 20]. Установлено, что половые гормоны (эстрогены, андрогены, прогестерон), принимают участие в регуляции процесса костного ремоделирования путем модуляции уровня гормонов, обеспечивающих регуляцию кальциевого баланса и оказывающих прямое воздействие на рецепторный аппарат клеток-мишеней костной ткани, а также влияют на апоптоз костных клеток. Кроме того, в пубертатном возрасте отмечается активный синтез гормона роста соматотропина. Следовательно, для нормального роста и развития скелета необходимо наличие половых гормонов, соматотропина и инсулиноподобных факторов роста, которые в комплексе способствуют набору пиковой костной массы [18]. Очевидно, что гормональная перестройка, происходящая в организме девушек, сопровождающаяся недостаточной секрецией половых гормонов, может привести к размягчению костной ткани и ее деформации.

Результаты проведенного исследования подтверждают необходимость проведения мониторинга состояния опорно-двигательного аппарата обучающихся с целью выявления донозологических функциональных нарушений для предупреждения негативных изменений в функционировании организма в будущем, таких как: заболевания ОДС, внутренних органов, приводящим к снижению трудоспособности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Результаты проведенного соматоскопического исследования 83 обучающихся обоего пола позволили выявить у 31,32 % обследуемых нарушения опорно-двигательного аппарата, у 34,94 % – плоскостопие разной степени, асимметрии – у 36,14 %.
2. Выявлены статистически значимые ($p < 0,001$) гендерные отличия по исследуемым показателям ОДС. В частности, у 10,25 % юношей было выявлено нарушение осанки, у девушек – 47,72 %, причем девушки имели более выраженные нарушения осевого скелета с левосторонней деформацией. У 5,13 % обследованных юношей асимметрия – разница в расстоянии от С₇ шейного позвонка до лопаток варьировала от 1,5 до 2 см. У 72,72 % девушек асимметрия варьировала от 0,5 до 2 см. Частота встречаемости плоскостопия у девушек составила 47,72 %, что в 2,32 раза больше чем у юношей.
3. Расчет коэффициента корреляции Спирмена (девушки – $r = 0,311$; юноши – $r = 0,4$) позволил выявить прямую статистически значимую ($p < 0,05$) связь между исследуемыми признаками (величина плечевого индекса и подометрического индекса), теснота (сила) связи по шкале Чеддока – умеренная.
4. Статистически значимые гендерные отличия по частоте встречаемости сочетанных нарушений, которые у девушек встречались в 4,87 раза ($p < 0,001$) чаще, чем у юношей, могут свидетельствовать о наличии физиологических особенностей, обусловленных сложной гормональной перестройкой организма девушек.
5. Рекомендуется проведение мониторинга состояния опорно-двигательного аппарата обучающихся с целью выявления функциональных нарушений для предупреждения негативных изменений в функционировании организма в будущем.

Список литературы

1. Куприенко Н. Б. Витамин D, ожирение и риск кардиоренальных нарушений у детей / Н. Б. Куприенко, Н. Н. Смирнова // Артериальная гипертензия. – 2015. – № 21 (1). – С. 48–58.
2. Кабышева М. И. Функциональные нарушения опорно-двигательного аппарата студентов (на примере Оренбургского государственного университета) / М. И. Кабышева, Т. А. Глазина // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 2. – С. 129–134.
3. Гайдук А. А. Физическая реабилитация детей школьного возраста со статическими нарушениями опорно-двигательного аппарата / А. А. Гайдук, А. А. Потапчук // Ученые записки СПбГМУ им. Акад. И. П. Павлова. – 2012. – Т. XIX, № 1. – 2012. – С. 116–118.
4. Садовая Т. Н. Скрининг деформаций позвоночника у детей как компонент охраны здоровья населения / Т. Н. Садовая, И. А. Цыцорина // Политравма. – 2011. – № 3. – С. 23–28.
5. Wever D. J. Curve progression and spinal growth in brace treated idiopathic scoliosis / D. J. Wever, K. A. Tonseth, A. G. Veldhuizen [et al.] // Clin. Orthop. – 2000. – Vol. 377. – P. 169–179.
6. Гайдук А. А. Статическая деформация позвоночника на фоне перекоса таза у детей подростков: диагностика и способы коррекции / А. А. Гайдук // Травматология и ортопедия России. – 2010. – № 4 (58). – С. 45–49.
7. Васильева Л. Ф. Визуальная диагностика нарушений статики и динамики опорно-двигательного аппарата человека / Л. Ф. Васильева. – Иваново, 1996. – 112 с.

8. Ибрагимова Э. Э. Анализ частоты встречаемости гипермобильного синдрома среди студентов / Э. Э. Ибрагимова // Вестник СурГУ. – 2018. – Вып. 4 (22). – С. 73–79.
9. Михайловский М. В. Деформации позвоночника при нейрофиброматозе: обзор литературы / М. В. Михайловский // Хирургия позвоночника. – 2005. – № 3. – С. 45–55.
10. Науменко О. А. Опыт внедрения программы «Образование и здоровье» в Оренбургском государственном университете / О. А. Науменко // Вестник оренбургского государственного университета. – 2005. – № 11. – С. 16.
11. Давыдов В. Ю. Методика проведения Общероссийского мониторинга физического развития и физической подготовленности учащихся общеобразовательных школ, ссузов, вузов: Учебно-методическое пособие. / В. Ю. Давыдов, А. И. Шамардин. – URL: http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/868/25868/8763?p_page=6
12. Велитченко В. К. физкультура для ослабленных детей: методическое пособие. / В. К. Велитченко. – М.: Тера-спорт, 1986. – 168 с.
13. Голдырев А. Ю. Роль малой разницы высоты нижних конечностей в генезе фронтальных искривлений позвоночника / А. Ю. Голдырев // Функциональные аспекты соматической патологии. – Тез. докл. науч. конф. Омск, 2000. – С. 17–19.
14. Трухманов И. М. Разработка новой методики обследования и динамического осмотра детей школьного возраста с нарушениями осанки на основе клинко-инструментального анализа / И. М. Трухманов, Г. А. Сулова // Педиатр. – 2016. – Т. 7, Выпуск 3. – С. 29–34.
15. Гайдук А. А. Физическая реабилитация детей младшего школьного возраста со статическими нарушениями опорно-двигательного аппарата / А. А. Гайдук, А. А. Потапчук // Гений ортопедии. – 2011. – № 4. – С. 58–62.
16. Ситдииков Ф. Г. Физическое развитие подростков с различным состоянием свода стопы / Ф. Г. Ситдииков, В. А. Арсланов, Г. М. Галияхметова, Р. Г. Галияхметов // Новые исследования. – 2009. – № 4. – С. 67–72.
17. Аристакесян В. О. Динамика морфофункционального состояния стоп у студентов медицинского вуза с сочетанными нарушениями функций опорно-двигательного аппарата / В. О. Аристакесян, В. Б. Мандриков, М. П. Мишулина // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17366> (дата обращения: 26.01.2020).
18. Мансурова Г. Ш. Особенности формирования опорно-двигательной системы школьников: заболевания, причины и возможные пути коррекции / Г. Ш. Мансурова, С. В. Мальцев, И. В. Рябчиков // Практическая медицина. – 2019. – Т. 17, № 5. – С. 51–55.
19. Stone M. Bone changes in adolescent girls with anorexia nervosa / M. Stone, J. Briody, M. R. Kohn et al. // J Adolesc Health. – 2006. – Vol. 39, № 6. – P. 835–841.
20. Magarey A. M. Bone growth from 11 to 17 years: relationship to growth, gender and changes with pubertal status including timing of menarche / A. M. Magarey, T. J. Boulton, B. E. Chatterton et al. // Acta Paediatr. – 1999. – Vol. 88, № 2. – P. 139–146.

SCREENING OF VIOLATIONS OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM IN UNIVERSITY STUDENTS

Ibragimova E. E.

***State Budget Educational Institution of Higher Education of the Republic of Crimea «Crimean Engineering and Pedagogical University named of Fevzi Yakubov», Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: evelina_biol@mail.ru***

A screening of disorders of the musculoskeletal system (Skeletal system) of 83 students of both genders was conducted. Based on somatoscopic research and calculation of indices (shoulder and podometric), also indicator of asymmetry, identified breaches of

the musculoskeletal system were revealed in 31,32 % of students, 34,94 % had flat feet of varying degrees and 36,14 % had asymmetry.

Intra-group's analysis of those violations allowed us to establish statistically significant distinction ($p < 0,001$) between boys and girls. In particular, posture disorders had been identified in 10,25 % of boys and 47,72 % of girls. Flattening of the arch of the foot – in 20,52 % of boys and 47,72 % of girls. At 5,13 % of the surveyed youths asymmetry – the difference in the distance from the C₇ cervical vertebrae to the shoulder blades ranged from 1,5 to 2 cm of 72,72 % of girls skewness ranged from 0,5 to 2 cm. While the majority of girls had prevailed skewed to the left ($n = 15$). Three girls had more significant spinal deformity, which was reflected not only in a decrease in the shoulder index, but also in pronounced asymmetry of the shoulder blades, as well as the formation of muscle compensatory thickening, which show scoliosis of the second degree. The formation of the muscle thickening is due to compensatory mechanisms to body's maintain a balance due to hypertonia of some muscles while hypotension of others, such inconsistent work of the muscular system would ultimately result in to spinal deformity.

It was established that that girls had more pronounced posture disorders and flattening of the foot, and a higher frequency of their occurrence in comparison with boys. It is suggested that one of the possible causes of gender differences is a complex hormonal adjustment that occurs in girls of that age group and affects the state of bone tissue.

It is recommended to monitor the condition of the musculoskeletal system of students in order to identify functional disorders to prevent negative changes in the functioning of the body in the future, such as diseases of the musculoskeletal system, internal organs, leading to a decrease in working capacity.

Keywords: musculoskeletal system, posture disorders, spinal deformity, asymmetry, flat feet, students, hormones.

References

1. Kuprienko N. B., Smirnova N. N., Vitamin D obesity and the risk of cardiorenal disorders in children, *Arterial hypertension*, **21** (1), 48 (2015).
2. Kabysheva M. I., Glazina T. A., Functional disorders of the musculoskeletal system of students (on the example of the Orenburg State University), *Bulletin of the Orenburg State University*, **2**, 129 (2017).
3. Gayduk A. A., Potapchuk A. A., Physical rehabilitation of schoolchildren with static disorders of the musculoskeletal system, *Scientific notes of St. Petersburg State Medical University named after Academician I. P. Pavlov*, **XIX**, **1**, 116 (2012).
4. Sadovaya T. N., Tsytsorina I. A., Screening of spinal deformities in children as a component of public health, *Politrauma*, **3**, 23 (2011).
5. Wever D. J., Tonseth K. A., Veldhuizen A. G. et al., Curve progression and spinal growth in brace treated idiopathic scoliosis, *Clin. Orthop.*, **377**, 169 (2000).
6. Gaiduk A. A., Static spinal deformity in the background of pelvic skew in adolescent children: diagnosis and correction methods, *Traumatology and Orthopedics of Russia*, **4** (58), 45 (2010).
7. Vasilieva L. F., *Visual diagnosis of violations of statics and dynamics of the musculoskeletal system of a person*, 112 p. (Ivanovo, 1996).
8. Ibragimova E. E., Analysis of the frequency of occurrence of hypermobility syndrome among students, *Messenger of Surgut State University*, **4** (22), 73 (2018).
9. Mikhailovsky M. V., Spinal deformities in neurofibromatosis: literature review, *Spinal surgery*, **3**, 45 (2005).

10. Naumenko O. A., Experience in implementing the program "Education and Health" in the Orenburg State University, *Bulletin of the Orenburg State University*, **11**, 16 (2005).
11. Davydov V. Yu., Shamardin A. I., Methodology for the All-Russian monitoring of physical development and physical fitness of students in secondary schools, colleges, universities: a teaching tool, URL: http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/868/25868/8763?p_page=6
12. Velitchenko V. K., *Physical education for weakened children: a methodological manual*, 168 p. (Tera-sport, Moscow, 1986).
13. Goldyrev A. Yu., Role of small unequal height of the lower extremities in the genesis of frontal curvature of the spine, *Abstracts of scientific conferences "Functional aspects of somatic pathology"* (Omsk, 2000).
14. Trukhmanov I. M., Suslova G. A., Development of a new methodology for examination and dynamic examination of school-age children with impaired posture based on clinical and instrumental analysis, *Pediatrician*, **7** (3), 29 (2016).
15. Gaiduk A. A., Potapchuk A. A., Physical rehabilitation of children of primary school age with static disorders of the musculoskeletal system, *Genius of Orthopedics*, **4**, 58 (2011).
16. Sitdikov F. G., Arslanov V. A., Galiakhmetova G. M., Galiakhmetov R. G., Physical development of adolescents with different conditions of the arch of the foot, *New Studies*, **4**, 67 (2009).
17. Aristakesyan V. O., Mandrikov V. B., Mitsulina M. P. Dynamics of the morphofunctional state of feet in students of a medical university with combined impaired musculoskeletal system functions, *Modern problems of science and education*, **1**, URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17366> (accessed: 01/26/2020 (2015)).
18. Mansurova G. Sh., Maltsev S. V., Ryabchikov I. V., Features of the formation of the musculoskeletal system of schoolchildren: diseases, causes and possible ways of correction, *Practical medicine*, **17**, **5**, 51 (2019).
19. Stone M., Briody J., Kohn M. R. et al., Bone changes in adolescent girls with anorexia nervosa, *J. Adolesc Health*, **39**, **6**, 835 (2006).
20. Magarey A. M., Boulton T. J., Chatterton B. E. et al., Bone growth from 11 to 17 years: relationship to growth, gender and changes with pubertal status including timing of menarche, *Acta Paediatr*, **88**, **2**, 139 (1999).

УДК 796.015. 681.31.

ВЛИЯНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ У СПОРТСМЕНОВ

Колотилова О. И., Ярмолюк Н. С., Коренюк И. И., Колотилова Е. А.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: oxy1978@mail.ru*

Изучали воздействие компьютерных игр различного жанра на функциональные показатели сердечно-сосудистой системы и физическую работоспособность спортсменов занимающихся футболом.

Выяснено: что компьютерные игры, требующие логического мышления, на уровне тенденции повышают частоту сокращений сердца и снижают показатели артериального давления; игры, требующие быстрой реакции и игры в жанре «Action», наоборот, достоверно повышают частоту сердечных сокращений и артериальное давление. При этом после игр в жанре «Action» особенно возрастают показатели диастолического артериального давления. Физическая работоспособность спортсменов после прохождения любого из трех видов игр достоверно снижалась и наиболее выражен этот эффект был после игр в стиле «Action».

Ключевые слова: компьютерные игры, спортсмены, сердечно-сосудистая система, физическая работоспособность.

ВВЕДЕНИЕ

Задачи, связанные с внедрением новейших достижений науки и техники во все сферы деятельности человека, сегодня могут быть решены на основе применения средств компьютерной техники, разработки и организации эксплуатации технических и программных средств. Широкое использование их, выдвигает целый ряд гигиенических, эргономических и психологических вопросов [1], потому как в ряды пользователей гаджетами вовлекается огромное количество людей, с различным состоянием здоровья, степенью психической устойчивости и профессий разной направленности. Однако, литературные данные о влиянии работы с такими устройствами на сердечно-сосудистую систему (ССС) и физическую работоспособность спортсменов весьма противоречивы [2–4]. Также, в последнее время огромное распространение получили компьютерные игры, особенно ими увлекается младшее поколение, проводя за экраном монитора многие часы. Кроме того многие игры, особенно в стиле «Action» имеют ярко выраженную агрессивную направленность, содержат много элементов насилия. Их воздействие на психику еще более усиливается в связи со значительным улучшением качества видеоизображения [5]. Известно [6, 7], что лица, работающие с компьютером, часто находятся в состоянии стресса. За рубежом деятельность за дисплеем внесена в

список 40 вредных работ и принят ряд законодательных актов, направленных на охрану здоровья.

Следует отметить, что стрессовым фактором являются и спортивные игры. Спортсмены постоянно сталкиваются не только с физиологическим, но и с психоэмоциональным стрессом, отрицательными эмоциями, чувством тревоги, что приводит к активации комплекса неспецифических адаптационных реакций, помогающих организму преодолеть последствия стресса, который является следствием переживаемых отрицательных эмоций. Такое сочетание возникает в связи с прогностической и оценочной высшей нервной деятельностью индивидуума в субъективно значимых для него ситуациях.

Поэтому цель данного исследования заключалась в изучении особенностей влияния компьютерных игр разного жанра на функциональные показатели сердечно-сосудистой системы и физическую работоспособность у футболистов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на 20 испытуемых в возрасте от 18 до 22 лет студенческой сборной по футболу Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского в зимне-весенний период. С целью выявления заинтересованности и готовности обучающихся к исследованию они прошли предварительный медицинский контроль, на основании которого были признаны здоровыми, а по данным анкетирования, были согласны участвовать в исследовании.

До начала компьютерных игр у испытуемых определяли исходные данные функционального состояния их ССС: частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (АДс) и диастолическое (АДд) артериальное давление, а по данным субмаксимального теста PWC₁₇₀ в модификации В. Л. Карпмана [8]) на велоэргометре выявляли их физическую работоспособность. Эксперименты проводили по следующей схеме. Каждый испытуемый в течении 50 минут выполнял одну из трех компьютерных игр: 1) логического жанра (World of Goo); 2) жанра требующего быстрой реакции пользователя (driving zone) и 3) в жанре «Action», игра с ярко выраженной агрессивной направленностью (EA SPORTS). По окончании сеанса каждой игры снова проводилось измерение вышеуказанных показателей ССС и определение физической работоспособности испытуемых.

Компьютерная система включала: ОС WIN 10 (x64), процессор Intel Core i 5 с частотой 2.6 ГГц, видеокарту Ge Force GTX 1070 с частотой 2000 МГц, 8 Гб ОЗУ DDR 3 с частотой памяти 266 МГц, Монитор 23.6" Samsung S24E390 HL.

Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. За достоверную принимали разность средних значений при $p < 0,05$. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Statistica и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фоновые (до начала воздействия компьютерных игр) показатели ССС в среднем по группе были следующие: ЧСС – $77,3 \pm 1,5$ ударов в минуту (рисунок. 1, А); АДс – $122,8 \pm 1,3$ мм.рт.ст., а АДд – $80,9 \pm 1,1$ мм.рт.ст.

После выполнения логической игровой программы World of Goo значение ЧСС составляло $84,4 \pm 0,94$ ударов в минуту, то есть увеличилась на 9 % в сравнении с фоновыми показателями. После игры в жанре driving zone – ЧСС повысилась до $86,6 \pm 0,92$ ударов в минуту, т.е. увеличилась на 16 %, а по окончании игры в стиле Action ЧСС повысилась до $87,5 \pm 0,98$ ударов в минуту, то есть возросла на 13 % по сравнению с фоном. Таким образом, игры всех трех жанров достоверно (вероятность статистической ошибки не превышала 5 %) увеличивают ЧСС, то есть дестабилизируют функциональное состояние сердца, в результате чего увеличивается перекачиваемый объем крови и способны нанести значительный сдвиг в работе сердца. Особенно это проявляется после игр в стиле «Action», содержащих сцены насилия, жестоких драк, кровавых разборок.

Что касается показателей АДс (рисунок, 1, Б) то они после выполнения игровой программы World of Goo, уменьшились только на 1 %, и составили $122,4 \pm 1,1$ мм.рт.ст. и в сравнении с фоновыми, т.е. различия были не достоверными. После игровой программы в жанре driving zone, требующей скорости реакции, значения систолического давления повысились на 6 % (до $130,6 \pm 1,0$ мм.рт.ст.). Это увеличение в сравнении с контрольными было достоверным, и вероятность ошибки не превышала 5 %. Игра в жанре Action повысила средние значения АДс на 11 % (до $136,8 \pm 0,6$ мм.рт.ст.). Различия были достоверными не только по отношению к контрольным, но и к значениям АДс после первой и второй игровой программ.

Аналогичной динамикой характеризовались и значения АДд (рисунок 1, В). Напомним, что в контроле оно имело величину $80,9 \pm 1,1$ мм.рт.ст. После выполнения игровой логической программы АДд несколько уменьшилось на 1 % (до $80,2 \pm 1,0$ мм.рт.ст.), а после игр, требующих скорости реакции и в жанре Action увеличилось на 1 % и 6,1 % (до $81,9 \pm 1,0$ мм.рт.ст. и $85,9 \pm 1,8$ мм.рт.ст.) соответственно. Статистический анализ с использованием критерия Стьюдента показал, что лишь в последнем случае изменения не превышая 5 %-ный уровень ошибки были достоверными.

На основании этой серии экспериментов можно считать, что компьютерные игры, требующие логического мышления, несколько понижают показатели артериального давления, увеличивают релаксацию скелетных мышц и фиксацию внимания на решении интеллектуальной задачи. Игры, требующие быстрых решительных действий, наоборот, увеличивают как систолическое, так и диастолическое давление, но в еще большей степени эти эффекты обуславливают игры, с элементами насилия и жестокости. Причем изменения со стороны АДс более явно проявляются в динамике АДд. Этот вывод согласуется с данными других авторов [9, 10], хотя их исследования и не были связаны с анализом влияния работы с компьютером на функциональное состояние организма человека.

Как известно из литературных источников [8] оценка уровня физической работоспособности в тренировочной и соревновательной практике спортсмена имеет

важное значение, потому что позволяет осуществлять постоянный контроль за функциональным состоянием спортсменов, вносить коррективы в тренировочный процесс и планировать спортивные результаты.

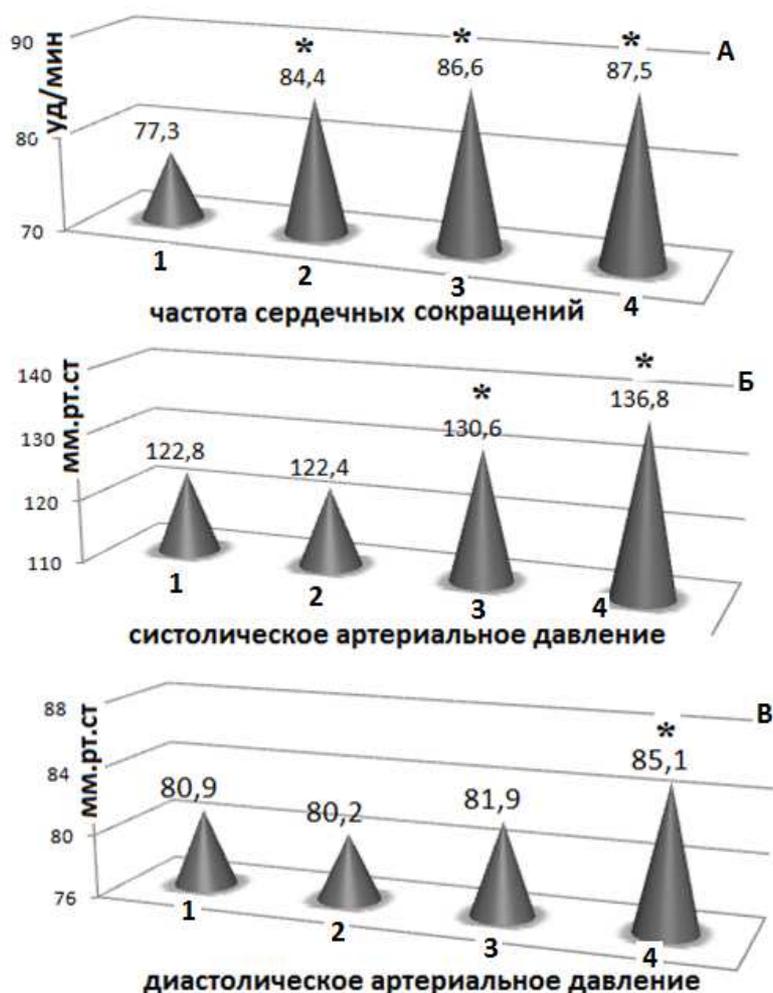


Рис. 1. Влияние компьютерных игр разных жанров на частоту сердечных сокращений (уд/мин) (А) и систолическое (Б) и диастолическое (В), артериальное давление, мм.рт.ст) спортсменов.

Примечание: 1 – фоновые показатели; 2 – показатели после 50-минутного периода с игровой логической программой; 3 – после окончания игры требующей высокой скорости реакции; 4 – по окончании игры в стиле Action.

На основании данных уровня физической работоспособности спортсменов, полученные результаты позволяют считать, что в контрольном тестировании теста

PWC₁₇₀ в модификации Карпмана в среднем по группе испытуемые имеют высокий (24 кгм/мин/кг) уровень физической работоспособности (рисунок 2), а после воздействия компьютерных игр разных жанров этот показатель физической работоспособности футболистов выявил статистически значимые различия во второй и третьей серии эксперимента, где значения физической работоспособности снизилась на 25 % (18 кгм/мин/кг) и на 33 % (16 кгм/мин/кг) соответственно, что в первом случае расценивается как работоспособность выше среднего уровня, а во втором – низкая [8]. При этом визуально у респондентов можно было наблюдать нервное, напряженное состояние, растерянность, не желание выполнять физическую работу.

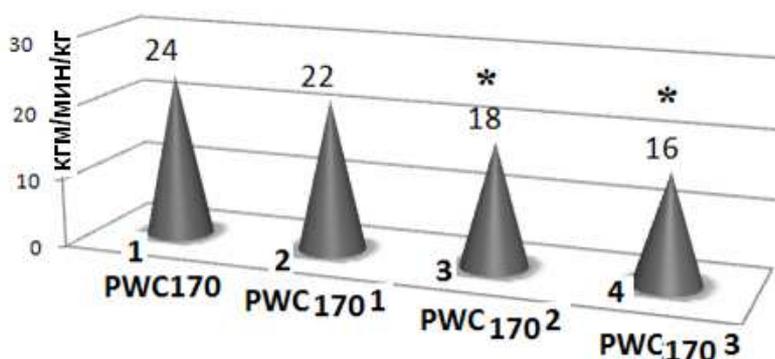


Рис. 2. Уровень работоспособности (кгм/мин/кг) в тесте PWC₁₇₀**1** у спортсменов футболистов после компьютерных игр разного жанра. PWC₁₇₀**2** – сразу после 50-минутного периода с игровой логической программой; PWC₁₇₀**3** – по окончании игры требующей высокой скорости реакции; PWC₁₇₀**4** – по окончании игры в стиле Action.

Из анализа результатов работы можно сделать вывод, что в результате компьютерных игр ЧСС в среднем по группе находится в зоне тахикардии, а АД в среднем несколько превышает нормальные значения для условий покоя. Таким образом, наши данные свидетельствуют, что спокойные и предсказуемые игры, оказывают незначительное воздействие на ССС.

Динамичные и напряженные сюжеты компьютерных игр, требующие ускоренных действий, сопряжены с формированием стресса, за счет агрессивности и непредсказуемости сюжета, вызывают значительные изменения вегетативных (повышение ЧСС и АД) и соматических (физическая работоспособность) функциональных показателей. Это связано с развитием стрессовых механизмов в ответ на избыточное раздражение воздействия игровых программ, что согласуется с данными других авторов [11, 12].

Поскольку компьютерные игры вызывают изменение эмоционального состояния, можно полагать, что указанные изменения в работе ССС были обусловлены усилением тонуса высших этажей контроля висцеральных функций, что, как известно, наблюдается при мобилизации ресурсов организма [9]. На

основании полученных данных можно считать, что при игровом стрессе увеличиваться пульс, и это может привести к тахикардии, увеличению минутного объема крови (МОК) и многих других показателей функционального состояния сердечно сосудистой и других систем организма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты настоящего исследования свидетельствуют, что компьютерные игры в зависимости от своей направленности (жанра) в той или иной степени изменяют функциональное состояние ССС и снижают физическую работоспособность, что может нанести вред в достижении высоких спортивных результатов.

Список литературы

1. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (с изменениями на 21 июня 2016 г.).
2. Епишкин А. К. Особенности операторской деятельности и ее оптимизация / Епишкин А. К., Скрыпиков А. И. // Методика и техника исследования операторской деятельности – М.: Наука, 2005. – С. 28–34.
3. Овсяницкая Л. Ю. Некоторые аспекты охраны здоровья при работе с персональным компьютером / Овсяницкая Л. Ю., Овсяницкий Д. Н. // Сб.: Проблемы городского здравоохранения. – СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 2001. – С. 371–373.
4. Шуляк А. С. Компьютер и здоровье / Шуляк А. С. // Смоленский медицинский альманах. – 2015. – № 3. – С. 21–26.
5. Elson M. Twenty-Five Years of Research on Violence in Digital Games and Aggression / Elson M., Ferguson C. J. // URL: <http://christopherjferguson.com/EP%20Review%20Part%201.pdf>
6. Воронов Д. И. Социально-психологические детерминанты компьютерной зависимости и ее профилактика средствами физической рекреации и психокоррекции: дис. ... канд. психолог. наук. / Воронов Д. И. – СПб., 2016. – 132 с.
7. Дрепа М. И. Психологическая профилактика интернет-зависимости у студентов: дис. ... канд. психолог. наук. / Дрепа М. И. – Ставрополь, 2010. – 254 с.
8. Карпман В. Л. Исследование физической работоспособности у спортсменов. / Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. – М.: Физкультура и спорт, 1974. – 95 с.
9. Солодков А. С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. / Солодков А. С., Сологуб Е. Б. – М.: Тера-спорт, Олимпия Пресс, 2001. – 520 с.
10. Рыженко С. К. Компьютерная игровая зависимость современных подростков: сущность, признаки, психологическая коррекция / Рыженко С. К. // Современные гуманитарные исследования. – 2008. – № 3. – С. 241–243.
11. Мураткина Ю. Н. Взаимосвязь компьютерной зависимости и совладающего поведения подростков: автореф. дис. ... канд. психолог. наук. / Мураткина Ю. Н. – Сургут, 2010. – 154 с.
12. Негативные факторы влияния компьютера на человека [Электронный ресурс]. / http://sd-company.ru/article/help_computers/computer-affectshuman-health

INFLUENCE OF COMPUTER GAMES ON FUNCTIONAL INDICATORS OF CARDIOVASCULAR SYSTEM AND PHYSICAL OPERATION OF ATHLETES

Kolotilova O. I., Yarmolyuk N. S., Korenyuk I. I., Kolotilova E. A.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: oxy1978@mail.ru*

Tasks associated with the introduction of the latest achievements of science and technology in all spheres of human activity, today can be solved through the use of computer technology, development and organization of operation of hardware and software. Their widespread use raises a number of hygienic, ergonomic, and psychological issues, because a huge number of people with different health conditions, degrees of mental stability, and occupations of various kinds are involved in the ranks of gadget users. However, the literature on the impact of working with such devices on the cardiovascular system (CVS) and the physical performance of athletes is very contradictory. Also, recently computer games have become very widespread, especially the younger generation is fond of them, spending many hours behind the monitor screen. In addition, many games, especially in the style of «Action» have a pronounced aggressive orientation, contain many elements of violence. Their effect on the psyche is further enhanced in connection with a significant improvement in the quality of video images. It is known that people working with a computer are often in a state of stress. Abroad, the activity behind the display is included in the list of 40 harmful work and a number of legislative acts aimed at protecting health have been adopted.

We studied the impact of computer games of various genres on the functional indicators of the cardiovascular system and the physical performance of athletes involved in football.

It was found out: that computer games that require logical thinking, at the level of a tendency, increase the frequency of heart contractions and lower blood pressure indices; games that require a quick reaction and games in the «Action» genre, on the contrary, significantly increase heart rate and blood pressure. At the same time, after the games in the «Action» genre, the diastolic blood pressure indicators especially increase. The physical performance of athletes after passing through any of the three types of games was significantly reduced and this effect was most pronounced after games in the «Action» style.

Since computer games cause a change in the emotional state, it can be assumed that these changes in the work of the CVS were due to an increase in the tone of the higher floors of the control of visceral functions, which, as you know, is observed when mobilizing the body's resources. Based on the data obtained, it can be considered that the pulse increases during game stress, and this can lead to tachycardia, an increase in the minute volume of blood and many other indicators of the functional state of the cardiovascular and other body systems.

Thus, the results of this study indicate that computer games, depending on their focus (genre), to one degree or another change the functional state of the CVS and reduce physical performance, which can be harmful in achieving high sports results.

Keywords: computer games, athletes, cardiovascular system, physical performance.

References

1. SanPiN 2.2.2 / 2.4.1340-03 "Hygienic requirements for personal electronic computers and organization of work" (as amended on June 21, 2016).
2. Epishkin A. K., Skrypikov A. I. Features of operator activity and its optimization, *Methods and techniques for the study of operator activity*, 28 p. (M.: Nauka, 2005).
3. Ovsyanitskaya L. Yu., Ovsyanitsky D. N. Some aspects of health care when working with a personal computer, *Sat.: Problems of urban health care. SPb. Publishing house of the NIIH SPbSU*, 371 (2001).
4. Shulyak A. S. Computer and health, *Smolensk medical almanac*, 3, 21 (2015).
5. Elson M., Ferguson C. J. Twenty-Five Years of Research on Violence in Digital Games and Aggression. URL: <http://christopherjferguson.com/EP%20Review%20Part%201.pdf>
6. Voronov D. I. *Socio-psychological determinants of computer addiction and its prevention by means of physical recreation and psychocorrection*: dis. ... cand. psychologist. Sciences, 132 p. (St. Petersburg, 2016).
7. Drepa M. I. *Psychological prevention of Internet addiction in students*: dis. ... cand. psychologist. Sciences, 254 p. (Stavropol, 2010).
8. Karpman V. L., Belotserkovsky Z. B., Gudkov I. A. *The study of physical performance in athletes*, 95 p. (M.: Physical education and sport, 1974).
9. Solodkov A. S. Sologub E. B. *Human physiology. The total. Athletic. Age: Textbook.*, 520 p. (M.: Tera-sport, Olympia Press, 2001).
10. Ryzhenko S. K. Computer game addiction of modern adolescents: the essence, signs, psychological correction, *Modern Humanitarian Studies*, 3, 241 (2008).
11. Muratkina Yu. N. *The relationship of computer addiction and coping behavior of adolescents*: author. dis. ... cand. psychologist. Sciences, 154 p. (Surgut, 2010).
12. Negative factors of the influence of a computer on a person [Electronic resource]. / http://sd-company.su/article/help_computers/computer-affectshuman-health

УДК 577.112.612

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПРОТЕИНОВ В ЭРИТРОЦИТАХ ПРИ ИХ ХРАНЕНИИ В СОСТАВЕ ГЕМОКОНСЕРВАНТОВ РАЗНОГО ТИПА

Коношенко С. В.¹, Коростелёв А. В.¹, Большакова А. А.¹, Мирмунинова З. М.²

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

²*ГБУЗ РК «Центр крови», Симферополь, Крым, Россия*
E-mail: nataleiolkina@gmail.com

Показано, что при хранении эритроцитов практически здоровых людей в течение 2-х и 3-х недель при температуре 4 °С без гемоконсерванта усиливаются процессы окислительной модификации внутриэритроцитарных протеинов, о чём свидетельствует существенное увеличение содержания альдегидных и кетонных продуктов окислительной модификации нейтрального и основного характера.

При хранении эритроцитов в составе гемоконсервантов CPD/SAGM и CPDA-1 снижается интенсивность окислительной модификации протеинов: в среднем, в 2 раза через 2 недели хранения эритроцитов и на 25 % через 3 недели хранения по сравнению с эритроцитами, которые хранились без консерванта.

Ключевые слова: эритроциты, окислительная модификация протеинов, гемоконсерванты, трансфузиология.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из проблем современной гемодинамики и трансфузиологии является поиск новых методических подходов и способов, направленных на сохранение структурно-функционального состояния эритроцитов при их длительном хранении с целью дальнейшего использования в медицинской практике [1–4]. В настоящее время трансфузиологи используют различные методы консервации цельной крови или эритроцитарной массы, в том числе методы криоконсервации. Чаще всего применяются определённые системы гемоконсервантов, позволяющие поддерживать функционально-активные состояния эритроцитов при их хранении в течение 40–45 дней при температуре 4 °С–6 °С [3, 4].

Несмотря на определенные успехи, достигнутые в этом направлении, всё же остаются недостаточно изученными те вопросы, которые касаются метаболического состояния эритроцитов и зависимой от этого кислородо-транспортной функции гемоглобина при длительном хранении эритроцитов в условиях гемоконсервации. В частности, в доступной литературе не встречаются данные о состоянии процессов окислительной модификации протеинов в эритроцитах в условиях их хранения в составе гемоконсервантов.

Окислительная модификация протеинов является одним из звеньев тех деструктивных процессов, которая, как и перекисное окисление липидов, осуществляется под действием активных форм кислорода (АФК) различного происхождения. Окислительная модификация протеинов ведёт не только к

изменениям структурных и функциональных свойств различных белков, но также может быть причиной генерирования новых «пулов» АФК и развития окислительного стресса [5–8].

В связи с этим, представляю интереса изучить процессы окислительной модификации протеинов в эритроцитах при их хранении в составе гемоконсервантов различного типа, что и составило цель настоящей работы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили эритроциты практически здоровых людей (25 человек, средний возраст 38,0 лет). Кровь брали на базе ГБУЗ РК «Центр крови», г. Симферополь. Эритроциты хранили в течение 2-х и 3-х недель при температуре 4 °С в составе гемоконсервантов CPD/SAGM и CPDA-1. Контролем служили эритроциты, которые хранились при температуре 4 °С в течение 2-х и 3-х недель без консерванта.

Состав гемоконсервантов следующий:

1. CPD/SAGM включает натрия цитрата дигидрат – 2,63 г; лимонную кислоту – 0,327 г; натрия дигидрофосфат моногидрат – 2,55 г; натрия хлорид – 0,577 г; аденин – 0,0169 г; декстрозы моногидрат – 0,9 г; маннитол – 0,525 г; воду без инъекций – до 100 мл [4].
2. CPDA –1 включает натрия цитрат дигидрат – 2,63 г; одноосновный моноцитрат натрия фосфат – 0,222 г; декстрозы моногидрат – 3,19 г; аденин – 0,028 г; вода без инъекций – до 100 мл [3].

Формакодинамика консервантов направлена на стабилизацию эритроцитов, предупреждение гемокоагуляции, поддержание слабощелочного значения рН, обеспечение эритроцитов энергетическим субстратом [3, 4].

Через определенные периоды хранения эритроциты гемолизировали [9], в гемолизатах определяли содержание продуктов окислительной модификации протеинов, используя биохимический метод, основанный на спектрофотометрической идентификации 2,4-динитрофенилгидразонов аминокислотных остатков (альдегидные и кетонные производные нейтрального и основного характера) при длинах волн 356 нм, 370 нм, 430 нм и 530 нм [10].

Полученные данные обрабатывали статистически с применением t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследований, через 2 недели хранения эритроцитов без гемоконсервантов (контроль 1) в гемолизатах возросло содержание альдегидных и кетонных продуктов окислительной модификации протеинов нейтрального и основного характера, в среднем, в 2,0 раза по сравнению с исходными показателями (табл. 1). При хранении эритроцитов в течение этого периода времени в составе гемоконсерванта CPD/SAGM интенсивность реакций окислительной модификации протеинов была ниже по сравнению с контролем 1, о чём свидетельствует более низкий уровень образования альдегидных и кетонных продуктов окислительной модификации нейтрального характера (в среднем в 1,6

раза) и основного характера: в 2,0 раза (альдегидные продукты) и в 1,9 раза (кетонные продукты).

Таблица 1
Содержание продуктов окислительной модификации протеинов (ОМП) в гемолизате эритроцитов при их хранении в гемоконсерванте CPD/SAGM ($M \pm m$)

Объект исследования	Продукты ОМП, ед. опт. пл.			
	Нейтрального характера		Основного характера	
	Альдегиды, 356 нм	Кетоны, 370 нм	Альдегиды, 430 нм	Кетоны, 530 нм
Эритроциты в исходном состоянии	0,65 ± 0,05	0,83 ± 0,04	0,78 ± 0,06	0,30 ± 0,01
Контроль 1 (2 недели хранения эритроцитов без консерванта)	1,18 ± 0,08	1,30 ± 0,06	1,56 ± 0,12	0,75 ± 0,06
2 недели хранения эритроцитов с консервантом CPD/SAGM	0,74 ± 0,08*	0,80 ± 0,02*	0,80 ± 0,06*	0,4 ± 0,03*
Контроль 2 (3 недели хранения эритроцитов без консерванта)	2,50 ± 0,1	2,80 ± 0,05	3,50 ± 0,22	1,83 ± 0,08
3 недели хранения эритроцитов с консервантом CPD/SAGM	2,10 ± 0,05**	2,22 ± 0,09**	2,67 ± 0,28**	1,11 ± 0,11**

Примечание:

* – достоверность различия показателя по сравнению с контролем 1 ($p < 0,05$);

** – достоверность различия показателя по сравнению с контролем 2 ($p < 0,05$).

Через 3 недели хранения эритроцитов без гемоконсерванта (контроль 2) содержание альдегидных и кетонных продуктов нейтрального характера возросло в 3,8 и в 3,4 раза по сравнению с исходными показателями эритроцитов; содержание альдегидных и кетонных продуктов основного характера увеличилось в 4,5 и в 6,0 раз, соответственно.

В гемлизатах эритроцитов, которые хранились в течение 3-х недель в составе гемоконсерванта CPD/SAGM, уровень содержания всех продуктов окислительной модификации протеинов был ниже по сравнению с контролем 2, в среднем на 25,0 %.

При хранении эритроцитов в составе гемоконсерванта CPDA-1 в течение 2-х недель также наблюдалось снижение интенсивности процессов окислительной модификации протеинов по сравнению с эритроцитами, хранившимися без консервантов (табл. 2). Так, содержание альдегидных и кетонных продуктов нейтрального характера было ниже показателей контроля 1 в 1,6 и в 1,5 раза, а содержание альдегидных и кетонных продуктов основного характера ниже в 1,5 и в 2,6 раза, соответственно.

Таблица 2
Содержание продуктов окислительной модификации протеинов (ОМП) в гемоллизате эритроцитов при их хранении в гемоконсерванте CPDA-1 (M±m)

Объект исследования	Продукты ОМП, ед. опт. пл.			
	Нейтрального характера		Основного характера	
	Альдегиды, 356 нм	Кетоны, 370 нм	Альдегиды, 430 нм	Кетоны, 530 нм
Эритроциты в исходном состоянии	0,65 ± 0,05	0,83 ± 0,04	0,78 ± 0,06	0,30 ± 0,01
Контроль 1 (2 недели хранения эритроцитов без консерванта)	1,18 ± 0,08	1,30 ± 0,06	1,56 ± 0,12	0,75 ± 0,06
2 недели хранения эритроцитов с консервантом CPDA-1	0,72 ± 0,06*	0,86 ± 0,01*	1,06 ± 0,14*	0,28 ± 0,04*
Контроль 2 (3 недели хранения эритроцитов без консерванта)	2,50 ± 0,1	2,80 ± 0,05	3,50 ± 0,22	1,83 ± 0,08
3 недели хранения эритроцитов с консервантом CPDA-1	2,10 ± 0,05**	2,22 ± 0,06**	2,86 ± 0,27**	1,10 ± 0,08**

Примечание:

* – достоверность различия показателя по сравнению с контролем 1 (p < 0,05);

** – достоверность различия показателя по сравнению с контролем 2 (p < 0,05).

Через 3 недели хранения эритроцитов в составе гемоконсерванта CPDA-1 уровень содержания всех продуктов окислительной модификации протеинов в гемолизатах был ниже по сравнению с контролем 2, в среднем, на 24,0 %.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что при хранении эритроцитов при температуре 4 °С в течение 2-х и 3-х недель в составе гемоконсервантов CPD/SAGM и CPDA-1 в эритроцитах существенно снижается интенсивность процессов окислительной модификации протеинов. Наиболее выраженный эффект действия консервантов обоих типов прослеживается через 2 недели хранения эритроцитов (интенсивность процессов окислительной модификации протеинов снижалась в среднем, в 2,0 раза). Через 3 недели хранения эритроцитов в составе гемоконсервантов эффективность их действия была значительно ниже (интенсивность процессов окислительной модификации протеинов снижалась только на 25,0 %). Оба гемоконсерванта характеризуются практически одинаковым уровнем эффективности действия по защите эритроцитов от процессов окислительной модификации протеинов.

Вместе с этим, заслуживает внимания тот факт, что в условиях длительного хранения эритроцитов в составе гемоконсервантов CPD/SAGM и CPDA-1 имеет место некоторое усиление процессов окислительной модификации протеинов по сравнению с исходным состоянием эритроцитов, несмотря на то, что уровень этих процессов существенно ниже по сравнению с тем, который отмечается в отсутствии гемоконсервантов.

Это обстоятельство позволяет прийти к выводу о необходимости дальнейшего совершенствования состава гемоконсервантов CPD/SAGM и CPDA-1, обогащения их такими компонентами, которые бы сводили процессы окислительной модификации протеинов в эритроцитах в условиях их длительного хранения к гораздо меньшему уровню.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что при хранении эритроцитов практически здоровых людей в течение 2-х и 3-х недель при температуре 4 °С без гемоконсерванта усиливаются процессы окислительной модификации эритроцитарных протеинов, о чём свидетельствует существенное увеличение содержания альдегидных и кетонных продуктов окислительной модификации нейтрального и основного характера.
2. При хранении эритроцитов в составе гемоконсервантов CPD/SAGM и CPDA-1 снижается интенсивность образования продуктов окислительной модификации протеинов: в среднем, в 2,0 раза через 2 недели хранения и на 25,0 % через 3 недели хранения по сравнению с эритроцитами, которые хранились без консерванта.
3. Гемоконсерванты CPD/SAGM и CPDA-1 проявляют близкий уровень эффективности по защите эритроцитов от процессов окислительной модификации протеинов и нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

Список литературы

1. Жирбурт Е. Б. Трансфузиология / Е. Б. Жирбурт – СПб.: Питер, 2002. – 733 с.
2. Видиборець С. В. Новые тенденции в индустрии препаратов плазмы крови в Украине и мире / С. В. Видиборець // Новое в гематологии и трансфузиологии. – 2007. – Вып.6. – С. 69–83.
3. Гемоконсервант CPDA-1 [электронный ресурс] 2018 – Режим доступа: https://www.rlsnet.ru/tw-index_id_3999.htm.
4. Гемоконсервант CPD/SAGM [электронный ресурс] 2018 – Режим доступа: <https://www.lsgеotаr.ru/tsta-SAGM-12183htm>.
5. Владимиров Ю. А. Активные формы кислорода и азота: значение для диагностики, профилактики и терапии / Ю. А. Владимиров // Биохимия. – 2004. – Т. 69, Вып. 1. – С. 5–7
6. Тищенко М. В. Показатели обмена активных форм кислорода в защите от вирусных инфекций / М. В. Тищенко // Укр. биохим. журн. – 2005. – Т. 71, № 2. – С. 131–135.
7. Меньшикова Е. Б. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты / Е. Б. Меньшикова – М.: Фирма «Слово», 2006. – 556 с.
8. Азизова О. А. Взаимосвязь маркеров окислительного стресса с хроническим течением хронической ишемии мозга / О. А. Азизова // Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2013. – № 9. – С. 21–27.
9. Drabkin D. A simplified technique for large scale crystallization of myoglobin and hemoglobin in the crystalline / D. Drabkin // Arch. Biochem. – 1959. – V. 21. – P. 224–226.
10. Дубинина Е. Е. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод её определения / Е. Е. Дубинина, С. О. Бурмистров, Д. А. Ходов и др. // Вопросы мед. химии. – 1996. – Т. 41, № 1. – С. 24–26.

OXIDATIVE MODIFICATION OF PROTEINS IN ERYTHROCYTES DURING THEIR STORAGE WITH BLOOD PROTECTORS OF VARIOUS TYPES

Konoshenko S. V.¹, Korostelev A. V.¹, Bolshakova A. A.¹, Mirmuminova Z. M.²

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

²*GBUZ RK “Blood Center”, Simferopol, Crimea, Russia Federation*

E-mail: nataleiolkina@gmail.com

One of the problems of modern hematology and transfusiology is the search for new methods that promote to the supporting of the structural and functional state of erythrocytes during their long-term storage with a view to further using in medical practice [1–8]. The metabolic state of erythrocytes and, in particular, the oxidative modification of proteins, which reflect the destructive processes in the cells, during long-term storage of red blood cells under conditions of hemoconservation have not been sufficiently studied.

In this regard, the aim of this work was to study the processes of oxidative modification of proteins in erythrocytes during their storage with blood protectors of various types.

The material for the study was the erythrocytes of practically healthy people (donors of GBUZ RK “Blood Center”, Simferopol, Crimea). The red blood cells were keeping for 2 and 3 weeks at a temperature of 4 °C with blood protectors CPDA – 1 and CPD /

SAGM. Pharmacodynamics of protectors is bound for stabilizing erythrocytes, preventing hemocoagulation, supporting slightly alkaline pH value and providing red blood cells with an energy substrate.

The control was erythrocytes, which were kept without blood protectors.

Erythrocytes were hemolysated by distilled water [9], in hemolysates the proteins modification products (aldehyde and ketone derivatives of the amino acid residues of the neutral and basic character) were determined by spectrophotometrically at 356 nm, 370 nm, 430 nm and 530 nm [10].

It has been shown that after two weeks of storage of erythrocytes without a blood protector (control 1) the content of proteins modification products in hemolysates was raised at 2,0 times, an average as compared with base line values (native erythrocytes before storage).

After 3 weeks of storage of erythrocytes without protectors (control 2), the content of proteins modification products of neutral character was raised an average at 3,6 times and the content of proteins modification products of a basic character was raised an average at 5,3 times as compared with baseline indexes.

In hemolysates of erythrocytes which were kept in the blood protectors CPD/SAGM and CPDA-1 during 2 weeks the level of all products of proteins modification products was lower than level of control 1, an average, at 1,8 times. After 3 weeks of storage of erythrocytes in the blood protectors CPD/SAGM and CPDA-1 the content of protein modification products was lower than level of control 2, an average, by 25 percentages.

At the same time, the levels of proteins modification products in hemolysates of erythrocytes, that were kept with protectors CPD/SAGM and CPDA-1 during 2 and 3 weeks were higher as compare with the native erythrocytes (before keeping and without protectors).

Keywords: erythrocytes, proteins modification products, blood protectors, transfusiology.

References

1. Zhiburt E. B. Transfusiology (SPB., Piter, 2002).
2. Vidiborets S. V. New tendencies in industry of plasma blood preparates in Ukraine and world, *New in hematology and transfusiology*, **6**, 69 (2007).
3. Hemoconservant CPDA-1 [electronic research] – 2018. – https://www.rlsnet.ru/tw - index_id_3999.htm.
4. Hemoconservant CPD/SAGM [electronic research] – 2018. – <https://www.lsgeotar.ru/tsta-SAGM-12183htm>.
5. Vladimirov Y. A. The active forms of oxygen and nitrogen: their importance for diagnoses, prophylactic and therapeutics, *Biochemistry*, **69**, **1**, 5 (2004).
6. Tischenko M. V. The indexes of active oxygen forms activity at virus infection protection, *Ukr. biochem. J.*, **77**, **2**, 131 (2005).
7. Menshikova E. B. *Oxidative stress. Prooxidants and antioxidants*, 556 p. (Moscow, Firm “Word”, 2006).
8. Azizova O. A., Korsakov S. S. Connection of oxidative stress markers with clinical properties of chronic ischemic of brain, *J. of neurology and psychiatry*, **9**, 21 (2013).
9. Drabkin D. A. simplified technique for large scale crystallization of myoglobin and hemoglobin in the crystalline, *Arch. Biochem*, **21**, 226 (1959).
10. Dubinina E. E., Burmistrov S. O., Hodov D. A. et al. Oxidative modification of proteins in human serum of blood, method of determination, *Vopr. Med. Chem.*, **41**, **1**, 24 (1996).

УДК 581.52:581.524.2

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-88-96

ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ГОРОДСКОГО ОКРУГА Г. ВОРОНЕЖ

Лепешкина Л. А., Клевцова М. А., Воронин А. А.

*Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия
E-mail: lilez1980@mail.ru*

Процессы обеднения зональной растительности тесно связаны с расселением инвазионных видов. В пределах лесных экосистем городского округа г. Воронеж зарегистрировано 31 инвазионный вид из 30 родов и 19 семейств. Методом экологических шкал выявлены эколого-ценотические аспекты фитоинвазий, которые выражаются в трансформации экологических параметров сосновых лесов, мезофилизации биотопов ольшаников, увеличении увлажнения и богатства почв дубрав, появлении новых чужеродных видов и снижении ценотической активности некоторых аборигенных таксонов. Реализация эколого-ценотических стратегий инвазионных видов в лесных сообществах сопровождается перестройкой экологии биотопов. Самым значительным изменениям подвергаются параметры: влажности почв (HD), богатства почв азотом (NT), освещенности/затенения (LC).
Ключевые слова: лесные экосистемы, инвазионный вид, чужеродные растения, флора, метод экологических шкал.

ВВЕДЕНИЕ

В эпоху трансформированной окружающей среды закономерны процессы деградации, синантропизации и обеднения зональной растительности, которые охватили почти все континенты и стали одной из ключевых проблем экологии. Активные биологические инвазии чужеродных видов в природные экосистемы являются серьезной угрозой биоразнообразию [1, 2] и наносят существенный экономический ущерб регионам [3, 4].

Задачей современных научных изысканий является расширение знаний об антропогенной эволюции экосистем высоко освоенных территорий. С 2004 г. нами ведутся исследования биологических инвазий в лесных экосистемах городского округа г. Воронеж, цель которых изучение роли чужеродных видов в трансформации растительных сообществ лесостепного комплекса и разработка мероприятий по повышению устойчивости природных фитоценозов. В данной работе обобщены и статистически обработаны материалы, раскрывающие влияние чужеродных видов растений на эколого-ценотические параметры лесных биотопов.

Объектами исследования явились сообщества надпойменно-террасовых боров, нагорных и байрачных дубрав, черноольховых лесов в пределах городского округа г. Воронежа.

Географическое положение округа в междуречье рек Воронеж-Дон и Воронеж-Усмань определяет условия, где происходит внедрение и расселение чужеродных

видов растений. Здесь господствует умеренно континентальный климат со среднегодовой температурой воздуха +5,5 °С. и величиной осадков 550 мм в год. Преобладающими являются серые, светло-серые и темно-серые лесные суглинистые почвы, оподзоленные и выщелоченные черноземы. Исследуемая территория характеризуется «островизацией» зональной растительности [5].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования охватили сосновые леса государственного заказника «Воронежский» (охвачено 2500 га), северную нагорную дубраву (3000 га), южную нагорную дубраву (1200 га), юго-западную байрачную дубраву (31 га), ольховый лес (65 га) у с. Дубовка. Всего проведено 337 геоботанических описаний учетных площадок 100 м².

Фитоиндикационную оценку экологических параметров лесных местообитаний провели по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова [6]. Это амплитудные шкалы, которые содержат балловую оценку диапазона для 10-ти факторов: терморезим климата (ТМ), континентальность климата (КН), аридность /гумидность климата (ОМ), криоклиматический (СР), влажность почв (НД), трофность почв (ТР), богатство почв азотом (НТ), кислотность почв (РС), освещенность/затенение (LC), переменность увлажнения (FH). В выборке участвовали геоботанические описания (сгруппированные по формационному признаку) нативных фитоценозов без чужеродного компонента во флоре и замещающих их фитоценозов с активным участием инвазионных видов в пределах одного объекта исследования. В результате выявили фитоиндикационные значения для каждого растительного сообщества (в ранге ассоциации), рассчитанные по амплитуде толерантности видов, слагающих ассоциацию. Балловую оценку экологических параметров местообитаний рассчитывали по средним арифметическим значениям растительных формаций в автоматической программе для ПК *Cyganov_scale_new alg* [7]. Изменение экологических параметров биотопов определяет сукцессии и генезис ценозов при участии чужеродных видов растений.

Латинские названия растений даны по С.К. Черепанову [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Инвазионная флора Воронежской области включает 26 видов-«трансформеров». В результате их внедрения снижается роль зональных видов-доминантов и (или) содоминантов в природных растительных сообществах, в некоторых случаях происходит полная их замена на чужеродные биоморфы [9].

В растительных сообществах Воронежской области наиболее успешными «трансформерами» являются 11 видов (14,5 %): *Arrhenatherum elatius*, *Acer negundo*, *Bidens frondosa*, *Impatiens parviflora*, *Echinocystis lobata*, *Lupinus polyphyllus*, *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Sambucus racemosa*, *Viburnum lantana*, *Parthenocissus quinquefolia*. Инвазии этих видов сопровождаются развитием аллогенных сукцессий, которые характеризуются снижением видовой разнообразия сообществ и роли в них аборигенных таксонов. Процессы

фитоинвазий закономерны для региона и наблюдаются в сообществах пойменных лесов и лугов, коренных и производных боров и суборей, широколиственных и смешанных лесов, плакорных, склоновых луговых и кальцефитно-петрофитных степей [10].

В пределах лесных экосистем городского округа г. Воронеж зарегистрировано 31 инвазионный вид из 30 родов и 19 семейств. Растительные инвазии в хвойных и широколиственных лесах округа характеризуются экспансией 3 видов древесных (*Acer negundo*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Robinia pseudoacacia*), 5 видов кустарниковых (*Sambucus racemosa*, *Caragana arborescens*, *Viburnum lantana*, *Amelanchier spicata*, *Parthenocissus quinquefolia*) эргазиофитов и 4 видов травянистых растений (*Bidens frondosa*, *Impatiens parviflora*, *Galinsoga parviflora*, *Solidago canadensis*).

Фитоиндикация сосновых лесов показывает трансформацию всех 10-ти экологических показателей для сообществ с участием инвазионных видов (Табл. 1). Установлено снижение балловых значений аридности/гумидности (ОМ), влажности почв (HD), освещенности/затенения (LC), переменности увлажнения (FH); увеличение балловых значений термоклиматического показателя (ТМ), континентальности (KN), криоклиматического (CR), богатства почв (NT) и их кислотности (RC).

Таблица 1

Статистические показатели экошкал сосновых лесов

Тип	ТМ	KN	ОМ	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH
N	8,0	8,5	8,8	7,3	12,9	5,0	5,0	5,6	5,0	2,8
I	8,9	9,0	8,1	8,1	12,5	5,8	5,5	5,9	4,5	1,1

Примечание: N – сообщества без инвазионного компонента в ценофлоре; I – сообщества с инвазионным компонентом в ценофлоре.

Для широколиственных лесов внедрение биоморфологически близких таксонов аборигенным видам не приводит к резкой трансформации экологических параметров лесных биотопов (Табл. 2). В целом изменения направлены в сторону увеличения увлажнения (HD 12,2) и богатства почв (NT 6,0) лесных местообитаний.

Таблица 2

Статистические показатели экошкал дубрав

Тип	ТМ	KN	ОМ	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH
N	8,5	8,5	7,9	7,9	11,8	6,7	5,6	7,5	4,4	5,8
I	8,6	8,6	7,9	8,0	12,2	6,7	6,0	7,5	4,2	5,8

Примечание: N – сообщества без инвазионного компонента в ценофлоре; I – сообщества с инвазионным компонентом в ценофлоре.

При изучении адаптивных стратегий аборигенных видов кустарников в лесных фитоценозах, выявлено, что их семенное возобновление с хорошо развитым

травяным ярусом затруднено. Поэтому в подлеске способны удерживаться 2 группы видов: те, которые избегают угнетающего воздействия травостоя, и те, которые способны преодолевать его. Стратегия семенного возобновления или стратегия «избегания» характерна для вегетативно неподвижных или малоподвижных видов. Они размножаются семенным путем на участках, свободных от травяного покрова. В лесных урочищах Воронежской области эту стратегию используют *Crataegus rhipidophylla*, *Salix caprea* и *Euonymus verrucosus*. Стратегию вегетативного возобновления или стратегию «преодоления» используют большинство видов подлеска: *Euonymus*, *Rubus idaeus*, *Lonicera xylosteum*, *Swida sanguinea* и др. Две эти стратегии успешно освоили чужеродные виды кустарников в лесных экосистемах Подворонежья: *Viburnum lantana*, *Sambucus racemosa*, *Ligustrum vulgare*, *Mahonia aquifolium* и виды рода *Ribes*.

Наиболее высокой трансформации подвергаются растительные сообщества опушечных местообитаний, где на смену характерным кленовникам из *Acer tataricum* приходят кленовники из *Acer negundo*. Это достаточно молодые инвазионные сообщества, которые начали активно формироваться в начале XXI вв. В Подворонежье они приурочены главным образом к опушкам дубрав и днищам балок. Выделяется всего два яруса. I ярус слагает *Acer negundo* высотой 4–8 м. Видовое разнообразие колеблется от 13 до 25 на 100 м². В травяном ярусе представлены сорно-луговые, сорно-рудеральные, сорно-опушечные и опушечные фитоценоотипы. Кленовники из *Acer tataricum* имеют обычно 3 яруса, видовая насыщенность на 100 м² от 16 до 22 видов. В составе фитоценоотипов преобладают опушечно-лесные и лесные таксоны.

Средние статистические показатели экологических шкал кленовников показывают изменение 9 из 10-ти показателей (Табл. 3).

Таблица 3

Статистические показатели экошкал кленовников

Тип	TM	KN	OM	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH
At	8,8	8,7	7,8	8,3	12,1	6,2	5,1	7,0	4,8	2,2
An	9,2	9,3	8,1	8,5	12,1	7,2	5,8	5,3	4,1	2,6

Примечание: At – кленовник из *Acer tataricum*; An – кленовник из *Acer negundo*.

Ольховые леса более устойчивы к фитоинвазиям, так как проникающие виды сталкиваются с неподходящими условиями – высокой затененностью и переизбыточным увлажнением [11]. Внедрение чужеродных видов в ольховые леса ведет к изменению экологических параметров их биотопов. Увеличиваются балльные значения: термоклиматического (TM 10,2), континентальности климата (10,5), содержания азота в почве (NT 9,2); уменьшаются значения: переменной увлажненности (FH 8,1); аридности-гумидности (OM 8,1), влажности почв (HD 13,3) и освещенности-затенения (LC 4,7) (Табл. 4).

Таблица 4

Статистические показатели экошкал ольховых лесов

Тип	TM	KN	OM	CR	HD	TR	NT	RC	LC	FH
N	9,3	9,4	8,5	9,4	15,4	5,0	8,3	8,0	4,9	7,9
I	10,2	10,5	8,1	9,6	13,3	5,0	9,2	8,0	4,7	8,1

Примечание: N – сообщества без инвазионного компонента в ценофлоре; I – сообщества с инвазионным компонентом в ценофлоре.

Изменение экологических параметров в сторону мезофилизации биотопов ольховых лесов ведет к появлению новых чужеродных видов из числа мезофитных таксонов и увеличению роли уже расселившихся. С 2007 г. по 2017 г. инвазионная флора ольшаников Подворонежья увеличилась с одного вида до четырех [11]. Подобная тенденция отмечена нами в ольшаниках городского округа г. Воронеж. Здесь наблюдается внедрение *Bidens frondosa*, *Acer negundo*, *Parthenocissus quinquefolia* и *Galinsoga parviflora*. Они осваивают главным образом притеррасную зону ольхового леса, где наблюдается активная рекреация и проходит граница с урочищами Усманского бора.

Стратегии чужеродных видов по захвату местообитаний в ольшанике зависят от фактора увлажнения. Например, в засушливые периоды (2010 г., 2012 г.) *Parthenocissus quinquefolia* реализует активное почвопокровное расселение, а в обводненные годы (2013 г.) осваивает внеярусную экологическую нишу, поднимаясь вертикально по стволам *Alnus glutinosa*. По нашим наблюдениям, его прямая конкуренция с нативными элементами флоры ольховых лесов охватывает порядка 9 видов: *Humulus lupulus*, *Solanum dulcamara*, *Impatiens noli-tangere*, *Thelypteris palustris*, *Paris quadrifolia*, *Maianthemum bifolium*, *Urtica pubescens*, *Ribes nigrum*, *Coronaria flos-cuculi* ольховых лесах Подворонежья за последние 5-ть лет не обнаружен аборигенный вид *Bidens tripartite*, что связано с её полным замещением инвазионным *Bidens frondosa*.

По степени инвазибельности экосистемы южной нагорной, юго-западной байрачной, северной нагорной дубрав и сосновых лесов имеют средние значения – 6,4 %, 6,1 %, 5,1 %, 5,7 % соответственно. Ольховые леса являются малоинвазибельными, здесь доля инвазионных видов 1,3 %, что не превышает 5 % порог.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация эколого-ценотических стратегий инвазионных видов в лесных сообществах сопровождается перестройкой экологии биотопов. Самым значительным изменениям подвергаются параметры: влажности почв (HD), богатства почв азотом (NT), освещенности/затенения (LC); незначительным: терморезим климата (TM), континентальность климата (KN), аридность /гумидность климата (OM), криоклиматический (CR), трофность почв (TR), кислотность почв (RC), переменность увлажнения (FH).

Для биотопов сосновых лесов с инвазионным компонентом в ценофлоре установлена трансформация всех 10-ти экологических показателей. Инвазибельность сосняков оценивается в 5,7 %.

В дубравах с участием чужеродных видов растений изменения экологии лесных местообитаний выражаются в увеличении балловых значений только 2-х параметров: увлажнения (HD) и богатства почв (NT). Инвазибельность широколиственных лесов колеблется от 5,1 % до 6,4 %, что соответствует средним значениям.

В сообществах ольховых лесов с инвазионным компонентом во флоре изменения затрагивают 9-ть из 10-ти экологических шкал. Наибольшую трансформацию претерпевает параметр влажности почв (HD): от сыро-лесолугового до влажно-лесолугового типа, что индицирует мезофилизацию биотопов. Ольшаники являются малоинвазибельными лесными экосистемами, доля инвазионных видов составляет 1,3 %, что не превышает 5 % порог.

Экотонные участки лесных урочищ подвержены более глубоким трансформациям эколого-ценотических параметров. По опушкам байрачных и нагорных дубрав Подворонежья аборигенные кленовики из *Acer tataricum* активно замещаются кленовиками из североамериканского *Acer negundo*. Это ведет к изменению видового состава, структуры сообществ и 9-ти из 10-ти экологических параметров местообитаний. Причем балловые значения влажности почвы (HD) остаются постоянными, заметно увеличивается богатство почв (ND), а параметр освещенности/затенения (LC) меняется от светло-лесного до разреженно-лесного типа.

В экотонных сообществах притеррасных участков, где смежными выступают фитоценозы ольшаников и боров, идет активное расселение чужеродных видов *Acer negundo*, *Parthenocissus quinquefolia* и *Galinsoga parviflora*, но замена аборигенных доминантов или содоминантов пока не установлена. В таких сообществах снижена ценотическая активность *Impatiens noli-tangere*, *Humulus lupulus*, *Solanum dulcamara*, *Thelypteris palustris*, *Paris quadrifolia*, *Maianthemum bifolium*. Для предупреждения дальнейшей экспансии чужеродных таксонов необходим высокий режим обводненности ольховых лесов. В условиях глобальных и региональных климатических изменений это достаточно сложная задача, требующая постоянного мониторинга абиотических и биотических компонентов леса, а также регулирования режимов природопользования в поймах малых рек.

Выявленные трансформации экологических параметров лесных экосистем городского округа г. Воронеж являются результатом их антропогенной эволюции под воздействием чужеродных видов растений.

Список литературы

1. Hulme Ph. E. Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses // Biodiversity under threat / Eds R. M. Harrison, R. E. Hester. – Cambridge: Royal Soc.Chem. – 2007. – P. 56–80.
2. Галанин А. В. Устойчивость и динамика экосистем / А. В. Галанин, А. В. Беликович // Экосистемы Сибири и Дальнего Востока. Находка: ИТИБ, БСИ ДВО РАН. – 2010. – С. 7–20.

3. Виноградова Ю. К. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, Л. В. Хорун. – М.: ГЕОС, 2010. – 512 с.
4. Абрамова Л. М. Экспансия чужеродных видов растений на Южном Урале (Республика Башкортостан): анализ причин и экологических угроз / Л. М. Абрамова // Экология. – 2012. – №5. – С. 324–330.
5. Михно В. Б. Ландшафтные особенности инсулярности дубрав Среднерусской лесостепи / В. Б. Михно // Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геоэкология. – 2012. – №2. – С. 14–20.
6. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 197 с.
7. Бузук Г. Н. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д. Н. Цыганова) / Г. Н. Бузук, О. В. Созинов // Ботаника (исследования): Сборник научных трудов / Ин-т эксперимент. бот. НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2009. – Вып. 37. – С. 356–362.
8. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья – 95, 1995. – 990 с.
9. Инвазионная дендрофлора Среднерусской лесостепи: структурный и биогеографический аспекты изучения / Л. А. Лепешкина, А. Я. Григорьевская, М. А. Клевцова, А. А. Воронин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. – Т. 19, № 5. – С. 1524–1528.
10. Лепешкина Л. А. Кодекс управления инвазионными чужеродными видами растений в интродукционных центрах Центрального Черноземья / Л. А. Лепешкина, А. А. Воронин, М. А. Клевцова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2016. – 57 с.
11. Лепешкина Л. А. Эколого-ценотические аспекты изучения инвазионного компонента сообществ ольховых лесов / Л. А. Лепешкина, М. А. Клевцова // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2018. – Том. 22, № 4. – С. 117–122.

ECOLOGICAL AND CENOTIC ROLE OF ALIEN PLANT SPECIES IN FOREST ECOSYSTEMS OF THE VORONEZH CITY DISTRICT

Lepeshkina L. A., Klevtsova M. A., Voronin A. A.

*Voronezh State University, Voronezh, Russia
E-mail: lilez1980@mail.ru*

The processes of depletion of zonal vegetation are closely related to the settlement of invasive species. Within the forest ecosystems of the urban district of Voronezh, 31 invasive species from 30 genera and 19 families were recorded. The method of ecological scales revealed the ecological-coenotic aspects of phytointroductions.

The sample involved geobotanical descriptions (grouped by formational feature) of native phytocenoses without an alien component in the flora and phytocenoses replacing them with the active participation of invasive species within the same research object.

Infestations of these species are accompanied by the development of allogeneic successions, which are characterized by a decrease in the species diversity of communities and the role of native taxa in them. The processes of infestations are typical for the region and are observed in communities of floodplain forests and meadows, native and derived forests and sub-forests, broad-leaved and mixed forests, slope meadow and steppes.

Plant invasions in the coniferous and deciduous forests of the district are characterized by the expansion of 3 species of woody (*Acer negundo*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Robinia pseudoacacia*), 5 species of shrub (*Sambucus racemosa*, *Caragana arborescens* Lam., *Viburnum lantana*, *Amelanchier spicata*, *Parthenocissus quinquefolia*) and 4 species of herbaceous plants (*Bidens frondosa*, *Impatiens parviflora*, *Galinsoga parviflora*, *Solidago canadensis*).

Phytoindication of pine forests shows the transformation of all 10 environmental indicators for communities with invasive species. For broad-leaved forests, the introduction of biomorphologically close taxa to native species does not lead to a sharp transformation of the ecological parameters of forest biotopes.

The introduction of alien species into alder forests leads to a change in the ecological parameters of their biotopes towards mesophilization. This speeds up the process of the emergence of new alien species from the number of mesophytic taxa and an increase in the role of already settled ones. From 2007 to 2017, the invasive flora of the alder forests of the Voronezh increased from one species to four. According to the degree of invasiveness, the ecosystems of the southern upland, southwest oak forest, northern upland oak forests and pine forests have average values of 6.4 %, 6.1 %, 5.1 %, 5.7 %, respectively. Alder forests are minimally invasive, the share of invasive species is 1.3 %, which does not exceed 5 % of the threshold.

Minor changes cover indicators: climate thermal mode (TM), continental climate (KN), climate aridity / humidity (OM), cryoclimatic (CR), soil trophicity (TR), soil acidity (RC), moisture variability (FH).

Communities with a high level of participation of invasive species are actively developing in ecotonic conditions: forest edges and alder areas of terraces.

As a result of the settlement of alien species in the Alder forests, a decrease in the price activity of the following native species is observed: *Impatiens noli-tangere*, *Humulus lupulus*, *Solanum dulcamara*, *Thelypteris palustris*, *Paris quadrifolia*, *Maianthemum bifolium*. To warn of the possible expansion of *Acer negundo*, *Parthenocissus quinquefolia* and *Galinsoga parviflora*, a high water cut regime for alder forests is required. Under the conditions of global and climatic changes, this is a rather complicated task, requiring constant monitoring of the abiotic and biotic components of the forest, as well as the regulation of nature management regimes in the floodplains of small rivers.

The implementation of ecological and cenotic strategies for invasive species in forest communities is accompanied by a restructuring of the ecology of biotopes, which is expressed in the transformation of the ecological parameters of pine forests, mesophilization of alder biotopes, increasing the moisture content and richness of oak forests, the emergence of new alien species and reducing the cenotic activity of some native taxa. The most significant changes are subject to parameters: soil moisture (HD), soil nitrogen richness (NT), illumination/shading (LC).

Keywords: forest ecosystems, invasive species, alien plants, flora, ecological scale method.

References

1. Hulme Ph. E., Hester R. E. Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses, *Biodiversity under threat*, 56 (2007).
2. Galanin A. V., Belikovich A. V. Stability and dynamics of ecosystems, *Ecosystems of Siberia and the Far East*, 7 (2010).
3. Vinogradova Yu. K., Mayorov S. R., Khorun L. V. *The Black book of the flora of Central Russia: Alien plant species in the ecosystems of Central Russia*, 512 p. (GEOS, Moscow, 2010).
4. Abramova L. M. The expansion of alien plant species in the Southern Urals (Republic of Bashkortostan): analysis of causes and environmental threats, *Ecology*, 5, 324 (2012).
5. Mikhno V. B. Landscape features of the insularity of oak forests of the Central Russian forest-steppe, *Bulletin of the Voronezh State University. Series Geography. Geoecology*, 2, 14 (2012).
6. Tsyganov D. N. *Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests*, 197 p. (Nauka, Moscow, 1983).
7. Buzuk G. N., Sozinov O. V. Regression analysis in phytoindication (the case of ecological scales of DN Tsygankov), *Botany (research). Collection of Scientific Papers*, 37, 356 (2009).
8. Cherepanov S. K. *Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)*, 990 p. (Peace and Family-95, St. Petersburg, 1995).
9. Lepeshkina L. A., Grigoryevskaya A. Ya., Klevtsova M. A., Voronin A. A. Invasive dendroflora of the Central Russian forest-steppe: structural and biogeographic aspects of the study, *Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences*, 19, 5, 1524 (2014).
10. Lepeshkina L. A., Voronin A. A., Klevtsova M. A. *Management Code for Invasive Alien Plant Species at Introduction Centers of the Central Chernozem Region*, 57 p. (Publishing House "Scientific Book", Voronezh, 2016).
11. Lepeshkina L. A., Klevtsova M. A. Ecological and coenotic aspects of the study of the invasive component of alder forest communities, *Forestry Bulletin*, 22, 4, 117 (2018).

УДК 597.553.1 (262.5)

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА МЕЖГОДОВУЮ
ДИНАМИКУ ГОНАДОСОМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА У
СРЕДИЗЕМНОМОРСКОЙ СТАВРИДЫ (*TRACHURUS MEDITERRANEUS*) В
ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КРЫМА**

Мельникова Е. Б.¹, Кузьмина Н. С.²

¹*Институт природно-технических систем ФГБНУ, Севастополь, Россия*

²*ФИЦ Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия*
E-mail: helena_melnikova@mail.ru

Проведено исследование влияния температурного фактора в весенне-летний период на гонадосоматический индекс у средиземноморской ставриды (*Trachurus mediterraneus*), обитающей в прибрежных водах на юго-западном шельфе Крыма. Показана зависимость развития репродуктивной системы ставриды от температуры. Получено, что при повышении среднемесячной температуры морской воды до 25,5°C, гонадосоматический индекс (ГСИ) увеличивается, при дальнейшем повышении температуры ГСИ ставриды снижается. Сравнение показало, что в более теплых районах Средиземноморско-Черноморского района нарастание гонадосоматического индекса смещается на более ранние сроки.

Ключевые слова: гонадосоматический индекс, средиземноморская ставрида, Черное море, весенне-летний период.

ВВЕДЕНИЕ

С развитием мирового рыболовства непрерывно возрастает промысловое значение средиземноморской ставриды. Ставрида является одним из важнейших объектов рыболовства причерноморских стран (Турции, Болгарии, Румынии, Украины и России). В последние годы промысловый запас ставриды стабилизировался на достаточно высоком уровне. В работах ряда авторов [1–3] отмечено, что в последние годы наблюдались положительные тренды годовых уловов средиземноморской ставриды. Так, если в 2014 г вылов ставриды в Черноморско-Крымском районе составлял 504,2 т., то в 2015 г. общий её вылов составил 1254,2 тыс. т., в 2016 г. – около 1921,2 тыс. т., а в 2017 возрос до 1971,3 тыс. т. [1, 2].

Изучение репродуктивной биологии рыб является неотъемлемой частью исследований в фундаментальной ихтиологии и рыбохозяйственной отрасли. Его результаты используются для изучения и прогнозирования динамики численности рыбных стад, оценки биомассы нерестового и общего запасов [4]. Изучение морфофизиологических характеристик – индексов органов рыб и, в частности, гонадосоматического индекса (ГСИ), позволяет дать количественную оценку репродуктивной способности рыб, а также интегральную экспресс оценку

физиологического состояния всего организма с учетом воздействия антропогенных факторов [5–7]. Важность такой экспресс оценки прибрежных популяций черноморских рыб состоит в том, что она позволяет прогнозировать их состояние не только в текущий момент, но и давать примерный прогноз благополучия того или иного вида на год вперед и более. Для исследований репродуктивного потенциала рыб, определения размеров запаса и пополнения требуется регулярный мониторинг, позволяющий получить новые достоверные данные и выявить происходящие изменения.

Гонадосоматический индекс является одним из самых доступных показателей динамики созревания половых продуктов. Этот параметр достаточно хорошо иллюстрирует сезонные и межгодовые изменения состояния гонад в процессе биологического развития с учетом изменения характеристик морской среды и влияния климатических факторов. По состоянию гонад судят о фазах полового цикла и готовности особей к нересту.

Одним из важных климатических факторов, оказывающим прямое и косвенное влияние на репродуктивные способности рыб, продолжительность нерестового периода и сроков нереста в пределах ареала является температура морской воды и характер её изменения в нагульный и репродуктивный периоды. Ставрида – рыба сравнительно теплолюбивая и все наиболее важные жизненные процессы, такие как питание, рост, размножение проходят в весенне-летний период и приурочены к температурам в среднем от 10 до 25 °С. Период нереста в Черном море длится у ставриды с начала апреля по август включительно. Низкие температуры, как и высокие, могут приостановить процесс созревания половых желез [8].

Наблюдаемые в последние годы климатические, в том числе температурные, изменения повышают интерес к мониторинговым исследованиям, позволяющим выявить особенности развития морских организмов и предсказать тенденции их изменения. Несмотря на имеющиеся публикации на эту тему, изучение многолетних изменений ГСИ у средиземноморской ставриды, обитающей на шельфе юго-западного Крыма, с учетом влияния температурного фактора, изучено недостаточно полно.

Цель данных исследований – выявить особенности изменения гонадосоматического индекса у средиземноморской ставриды с учетом изменения параметров среды обитания в 2010–2018 гг. в весенне-летний период в прибрежных водах на юго-западном шельфе Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу исследования положены результаты полных биологических анализов средиземноморской ставриды (*Trachurus mediterraneus* [Steindachner, 1868]), отловленных на юго-западном шельфе Крыма в прибрежных водах Севастополя в районе с координатами: широта – от 44,57° с.ш. до 44,64° с.ш.; долгота – от 33,37° в.д. до 33,56° в.д. Пробы были взяты в 2010–2018 годах с апреля по сентябрь месяцы. Выборка состояла из 10–20 свежельвовленных разноразмерных разновозрастных особей. Всего было проанализировано 1548 экз. Измеряли длину, общую массу, массу рыбы без внутренностей, определяли возраст по отолитам, пол,

стадию зрелости и массу половых желез [9]. При проведении сравнительного анализа использовали стандартную длину, которую измеряли с точностью до 0,1 см, массу рыб определяли с точностью до 0,1 г, массу гонад – с точностью до 0,01 г. Гонadosоматический индекс рассчитывали, как отношение массы гонад к массе рыбы без внутренностей, выраженное в процентах. Стадии зрелости определяли по стандартной шестиступенчатой шкале (II, III, IV, V, VI, VI-II), используя переходные стадии (II-III, IV-V) [4, 9].

Информация о температуре воды в районе исследования получена по данным Севастопольского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Севастопольский ЦГМС).

Математическую обработку результатов проводили на ПЭВМ с использованием программ *Microsoft Excel 5.0*, *Statistica 6.0*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одной из важных составляющих, характеризующих состояние репродуктивной биологии рыб, является показатель ГСИ (гонadosоматический индекс)

На рис. 1 изображены полученные среднегодовые (2010–2018 гг) значения ГСИ отдельно для самок и самцов, а также температура воды в районе проведения исследований в период с апреля по сентябрь. Для каждого из значений на графиках отмечены их среднеквадратические отклонения. Видно, что изменения ГСИ в нерестовый период имеют вид одновершинной кривой с максимумом в июне у самок и июле месяце у самцов. В июле у самок наблюдается незначительное снижение ГСИ, затем в августе у обоих полов ставриды происходит резкий спад ГСИ, значения которого продолжают снижаться и в сентябре месяце.

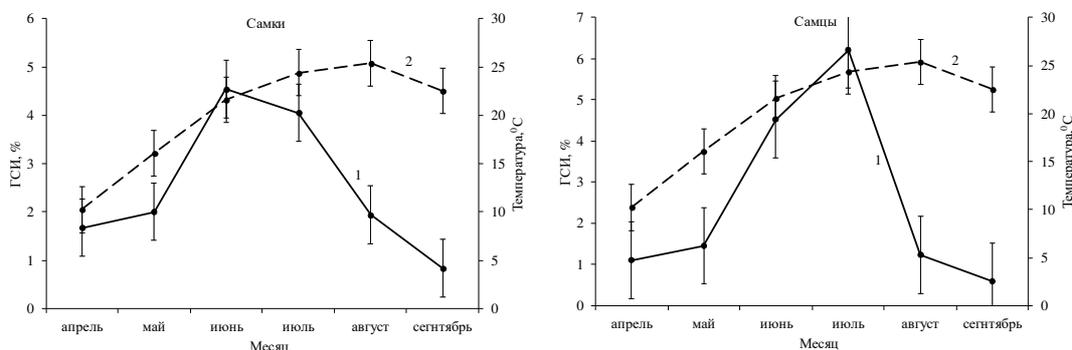


Рис. 1. Среднегодовые значения ГСИ (1) самок и самцов ставриды, среднемесячная температура воды (2) в нерестовый период и их средние квадратические отклонения.

Юго-западный шельф Крыма является одним из районов зимовки ставриды [10]. Она зимует на небольшой площади от мыса Фиолент до мыса Айя, а в теплые

зимы – также в Севастопольских бухтах. Зимует ставрида с гонадами II стадии зрелости.

По мере весеннего прогрева морской воды у ставриды происходит развитие половых желез. В прибрежных водах, на юго-западном шельфе Крыма созревание половых продуктов начинается в марте. В этот период ставрида переходит к более подвижному образу жизни, начинает более активно питаться, причем интенсивность ее питания увеличивается с повышением температуры воды.

Усредненное за период с 2010 по 2018 годы относительное количество самок и самцов с гонадами разных стадий зрелости в нерестовый период приведено в табл. 1.

Таблица 1

Количество (%) самок и самцов с гонадами разных стадий зрелости в нерестовый период

месяц	Пол	Стадии зрелости гонад									
		II	II-III	III	III-IV	IV	IV-V	V	VI	VI-II	
апрель	самки	11	3	53	4	11	3	6	3	6	
	самцы	11	9	31	17	20,5	4	7	-	0,5	
май	самки	6	0,5	18	4	27	4,5	35	3	2	
	самцы	4	3	19	15	15	11	31	1	1	
июнь	самки	-	-	1	-	2,5	2,5	89	4	1	
	самцы	5	-	-	2	2	8	80	3	-	
июль	самки	-	-	-	-	3	7	85	3	2	
	самцы	-	-	-	-	-	2	95	3	-	
август	самки	45	-	7	-	17	4	27	-	-	
	самцы	28	-	2	-	-	-	62	2	6	
сентябрь	самки	96							3	1	
	самцы	94							4	2	

Исследования показали, что в апреле месяце при достижении температуры воды 10°C самки ставриды имеют II, III стадии зрелости. Половые железы в апреле месяце хотя и далеки от зрелости, но уже сравнительно хорошо развиты. Яичники занимают от трети до половины объема брюшной полости и содержат мелкие непрозрачные ооциты. В апреле месяце самки ставриды с II, III стадиями зрелости в среднем составляли 67 %, а самцы – 51 %.

Гонадосоматический индекс в апреле месяце в среднем за период исследования составлял – 1,670.

Следует отметить, что в зависимости от температурных особенностей года стадии зрелости в апреле могут отличаться от средних многолетних (2010–2018 годы) значений. В годы (2014, 2016, 2018) с более высокими среднемесячными температурами – 11,0 °C и выше, созревание половых клеток происходило быстрее и в эти годы в апреле месяце наблюдались самки IV и даже с V стадиями зрелости

готовые к нересту. Так, например, в апреле 2018 г. при температуре 11,7 °С (самая высокая среднемесячная за данный период исследований) наблюдалось 60 % рыб стадии зрелости которых составляли – II, II—III, III и 40 % у которых стадии зрелости – IV, V, тогда как в апреле 2012 г при достаточно низкой среднемесячной температуре – 9,6 °С самок со стадиями зрелости IV и V не наблюдалось, все самки имели стадии – II, II—III, III. В целом за период проведения исследований в апреле месяце преобладали самки и самцы III стадии зрелости (табл. 1).

Процесс созревания половых клеток у самцов ставриды происходит медленнее, чем у самок. В апреле при температуре воды близкой к средней многолетней процесс развития мужских половых клеток (сперматогенез) достигает III стадии, а в годы с температурой выше средней многолетней — IV и V стадии. Семенники на стадии III, IV значительно увеличиваются в объеме, они плотные и упругие и имеют молочно-белый цвет. На этой стадии завершается сперматогенез и семенные каналцы содержат спермии. ГСИ у самцов в этот период несколько ниже, чем у самок и составлял в исследуемый период в среднем – 1,110. В годы с теплой весной, например, в апреле 2018 г. при достаточно высокой среднемесячной температуре 11,7 °С наблюдалось 75 % самцов со стадиями зрелости – II—III, III и 25 % имели стадии зрелости – IV, V.

В мае месяце с повышением температуры до 15 °С и выше происходит дальнейшее созревание половых клеток у самцов и самок ставриды. В уловах встречались самки с IV—V стадией зрелости (в среднем более 65 % см. табл. 1), у которых половые железы достигли или почти достигли полного развития. Ооциты крупные и легко отделяются друг от друга. При переходе в V стадию икринки приобретают прозрачность. ГСИ тоже увеличился по сравнению с апрелем и составлял в среднем за исследуемый период 2,005.

У самцов процесс созревания проходит так же достаточно активно. В среднем за период проведения исследований в мае месяце наибольшее количество самцов (31 %) наблюдалось с V стадией зрелости (табл. 1). Гонадосоматический индекс хотя и увеличился у самцов в среднем до 1,457, но все же был ниже, чем у самок в этот период.

Средние за период исследования (2010–2018 гг.) значения ГСИ ставриды с гонадами разных стадий зрелости изображены на рис. 2. На этом рисунке показаны также среднеквадратические отклонения.

Из рис. 2 видно, что, как и следовало ожидать, самые низкие значения ГСИ отмечали у рыб стадии II (самцы – 0,87; самки – 1,2). Незначительный рост этого показателя (в 1,1–1,3 раза) происходил у рыб при переходе от II к II-III стадиями зрелости. В период активного накопления желтка в ооцитах (III, III-IV стадия зрелости) и начале сперматогенеза размер гонад и ГСИ продолжает увеличиваться. Максимальных значений ГСИ достигал у рыб с гонадами стадий зрелости IV-V и V (самцы – 3,48; самки – 3,32), это происходит в период интенсивного сперматогенеза, когда в яичниках присутствовали зрелые ооциты. Следует отметить, что на стадиях зрелости от II до IV, а также на VI стадии зрелости индекс ГСИ самок ставриды превышает значение индекса ГСИ самцов, а на стадии зрелости V это соотношение меняется и большее значение индекса ГСИ наблюдается у самцов. После

завершения вымета половых продуктов (VI и VI-II стадии зрелости) средние значения гонадосоматического индекса резко снижаются (в 2,3–4 раза) (см. рис. 2).

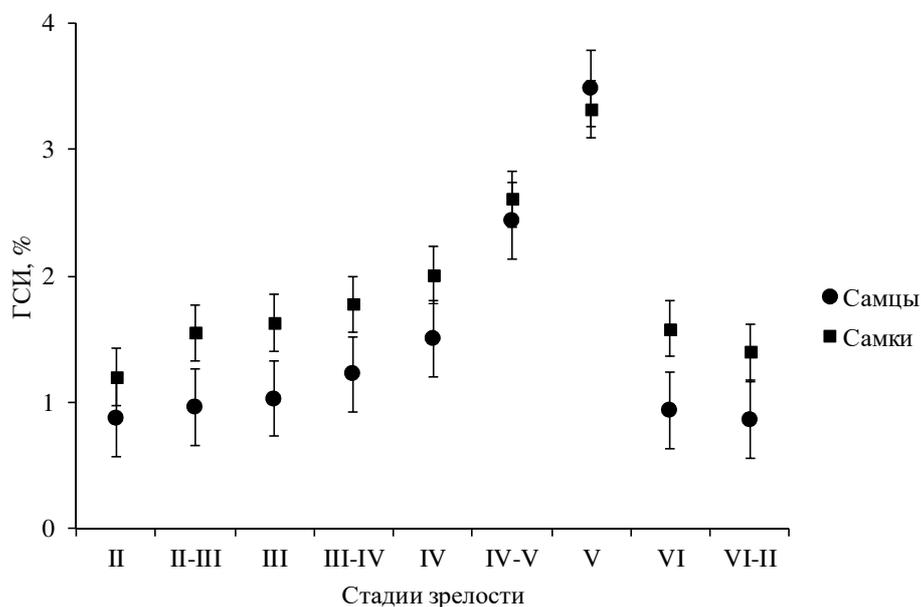


Рис. 2. Изменение гонадосоматического индекса самок и самцов ставриды с гонадами разных стадий зрелости и их средние квадратические отклонения.

Сравнение изменения гонадосоматического индекса между максимальным значением (V стадия) и после вымета половых продуктов (VI-II стадия) показывает, что у ставриды, обитающей в юго-восточной части Черного моря, в районе пролива Дарданеллы и в южной части Адриатического моря [13–15], это изменение составляет примерно 6 раз, что превышает полученные нами значения для ставриды, обитающей в прибрежных водах Крыма (см. рис. 2).

Половой зрелости особи обоих полов достигают в годовалом и 1+ возрасте при длине 8,3 см и 8,2 см соответственно. Половозрелые самцы несколько меньше по длине, чем половозрелые самки. После достижения половой зрелости самки и самцы входят в состав нерестового стада и нерестятся ежегодно [8, 10].

В мае месяце по сравнению с апрелем увеличивается число особей обоих полов V стадии зрелости. В годы (2013, 2018) с более высокими среднемесячными температурами – 17,6 °С доля нерестящихся самок и самцов составляла в уловах более 70 %, а в годы (2011, 2017) с более низкими среднемесячными температурами – 14,3 °С – около 65 %.

В июне при средней межгодовой температуре 21,5 °С нерестятся как старшие, так и младшие возрастные группы. В уловах встречаются текущие особи V стадии зрелости; икра свободно вытекает из полового отверстия. Средиземноморской

ставриде свойствен многопорционный нерест, в основе которого лежит непрерывный тип созревания ооцитов; отдельная самка в течение нерестового периода может выметать от 5 до 16 порций икры [8, 11].

Средняя за период проведения исследований длина самок в июне – $11,9 \pm 1,83$ см., ГСИ – 4,540. Самцы несколько мельче самок (средняя длина в июньских уловах – $11,4 \pm 1,74$ см), ГСИ – 4,524.

Средние размеры и разброс колебаний длины самок и самцов с гонадами разных стадий зрелости изображены на рис. 3.

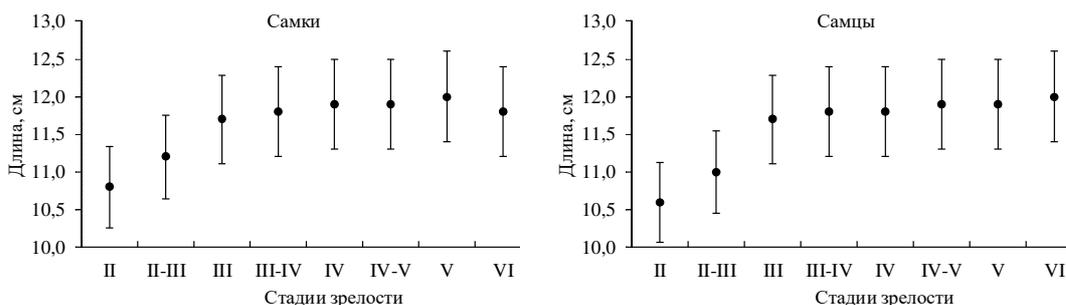


Рис. 3. Средняя длина самок и самцов ставриды с гонадами разных стадий зрелости и их средние квадратические отклонения.

Наименьшие размеры имеют самки и самцы с гонадами II стадии зрелости, их длина в среднем составляла 10,8 см у самок и 10,6 см у самцов. Самки и самцы ставриды начинают созревать (стадия зрелости II-III), достигнув размер в среднем 11,0 см. При дальнейшем созревании половых желез размеры самок и самцов сначала увеличиваются. Затем в процессе созревания половых продуктов от стадии зрелости III-IV до стадии зрелости VI длина рыб практически не изменяется. Наибольшее количество особей с яичниками и семенниками стадии зрелости III, III-IV, IV-V, V встречались в размерных группах от 11,0–11,9 и 12,0–12,9; но в среднем длина самок составляла $12,0 \pm 1,56$ см, а самцов $11,9 \pm 1,95$ см.

В период нереста наблюдаются случаи поимки в ставные орудия лова зрелых рыб какого-либо одного пола, из чего следует, что зрелые самцы и самки в этот период группируются в отдельные стаи по половому признаку. Нерестовый косяк имеет «послойное» строение: в верхней его части концентрируются самцы, в нижней — самки; выметываемая самками икра, всплывая, пронизывает слой молок, во время чего и происходит оплодотворение. О «послойном» строении нерестовых скоплений ставриды отмечал также Ю. Г. Алеев [12].

Следует отметить, что у самок и самцов с повышением температуры морской воды с апреля по июнь значения ГСИ возрастают.

Пик созревания у самок ставриды наблюдался в июне (получено максимальное среднегодовое значения – 4,54) при средней температуре морской среды 21,5 °С. В июле ГСИ у самок несколько ниже, чем в июне. Он составляет 4,050.

У самцов ГСИ достигает своего максимума в июле месяце при средней температуре 24,4 °С и он равен 6,210.

В июне-июле в уловах встречается до 90 % нерестящихся особей ставриды.

В августе при дальнейшем повышении температуры воды в среднем до 25–26 °С интенсивность нереста резко снижается. Следует отметить, что слой гомотермии в районе проведения исследований в августе месяце располагается по глубине от поверхности до 30 м и более, то есть совпадает с глубинами, где находятся нерестовые скопления ставриды. Вследствие этого высокие температуры морской воды приближающиеся к летальным как для развития икры и личинок, так и взрослых рыб, возможно, и являются причиной снижения активности нереста. Значение ГСИ в августе составляет у самок – 1,940, а у самцов – 1,240. Количество нерестящихся самок в этот период в среднем составило – 68 % а самцов 48 %. В августовских уловах наблюдались особи ставриды с частично выметанной икрой, большинство из них имели стадию зрелости IV-VI, V-VI. В этот период встречались уже и отнерестившиеся особи (стадия зрелости VI), яичники самок и семенники самцов, которых были небольшого размера, дряблые.

В осенние месяцы после завершения вымета половых продуктов (VI и VI-II) средние значения гонадосоматического индекса продолжает снижаться и в сентябре ГСИ у самок в среднем составлял – 0,668 и у самцов – 0,849.

Анализ литературных данных показывает, что в юго-восточной части Черного моря [13] у средиземноморской ставриды нарастание ГСИ в весенне-летний период начинается раньше, чем в прибрежных водах, на юго-западном шельфе Крыма. Так, в мае месяце у ставриды, обитающей в юго-восточной части моря, ГСИ составляет 2,6, затем в июне он значительно нарастает до 6,3, наблюдается пик нереста, и далее в июле достаточно резко спадает до 3,5 [13]. В целом можно отметить, что у ставриды, обитающей в юго-восточной части Черного моря, пик нереста выражен более явно, чем у ставриды из прибрежных вод юго-западного шельфа Крыма, и несколько смещен на более ранние сроки.

У ставриды, обитающей в районе пролива Дарданеллы [14], характер изменения ГСИ в весенне-летний период также имеет один достаточно хорошо выраженный максимум, при этом он смещен на более ранние сроки, чем у ставриды, обитающей в Черном море. Нарастание индекса ГСИ начинается в марте, достигает максимального значения в апреле и в последующие месяцы наблюдается уменьшение индекса ГСИ [14].

У ставриды, обитающей в южной части Адриатического моря [15] в целом индекс ГСИ ниже, чем у ставриды, обитающей в Черном море. Однако он сохраняет достаточно высокие значения с апреля по ноябрь с резким уменьшением в декабре. То есть можно считать, что нерест ставриды в южной части Адриатического моря растянут во времени и проходит практически в течение всего года [15].

Более длительные сроки нереста ставриды в теплом Адриатическом море объясняется тем, что многопорционный нерест свойственен рыбам обитающих в морях умеренных широт, в том числе и в Черном море, где прослеживается четкая смена сезонов года и выделяется благоприятный период, ограниченный одним—

двумя месяцами для активного нереста. В этих условиях рыбы в относительно короткий период максимально используют потенциальные возможности воспроизводительной системы, в то время как в теплых морях, в том числе и Адриатическом море, такой путь адаптации размножения рыб не обязателен. В субтропиках и тропиках нерест проходит практически круглогодично [8, 11].

Рассмотрим влияние температуры воды на гонадосоматический индекс ставриды, обитающей в прибрежных водах Крыма. Анализ полученных нами межгодовых изменений ГСИ в пик нереста ставриды показывает (см. рис. 4), что в июне у самок, а у самцов в июле месяце прослеживается зависимость активности нереста от среднемесячной температуры. В годы, когда среднемесячная температура воды не превышает 25,5 °С, с повышением среднемесячной температуры наблюдалось увеличение ГСИ.

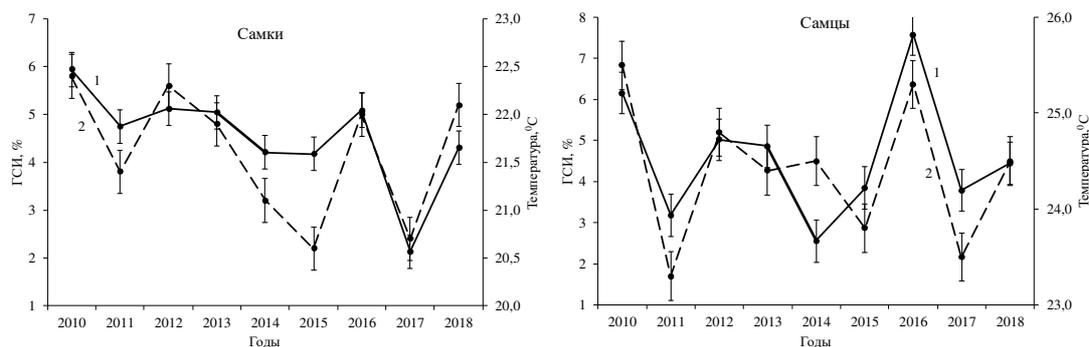


Рис. 4. Межгодовые изменения ГСИ (1) и температуры воды (2) в пик нереста у самок – в июне, у самцов – в июле месяце и их средние квадратические отклонения.

У самок в годы (2015, 2017), когда среднемесячная температура воды в пик нереста (июнь) была ниже средней многолетней и составляла 20,7 °С, ГСИ был не высоким – 3,152, а в годы (2010, 2012, 2016, 2018), когда средняя температура в июне месяце была выше средней многолетней – 22,3 °С, ГСИ возрастал и составлял в среднем 5,385.

У самцов в годы (2011, 2017), когда среднемесячная температура воды в пик нереста (июль месяц) была ниже средней многолетней (составляла 23,4 °С), ГСИ был не высоким – 3,487, а в годы (2010, 2016), когда средняя температура в июле месяце была выше средней многолетней – 25,3 °С, ГСИ имел высокое значение – 6,870.

Расчет коэффициента корреляции между межгодовыми изменениями ГСИ самок и температуры воды в июне, а также ГСИ самцов и температуры воды в июле месяце показал, что у самок коэффициент корреляции равен $r = 0,77$, а у самцов – $r = 0,76$.

Следует отметить, что темпы полового созревания, значения ГСИ и пик нереста ставриды в разные годы неодинаковы и зависят от климатических условий. Из результатов проведенных исследований можно предположить (см.

рис. 4), что несмотря на довольно широкий диапазон изменчивости температуры воды в период нереста (10–25,5 °С), наблюдается избирательность ставриды по отношению к температурному фактору.

По осредненным данным за девять нерестовых сезонов более половины (60 %) всех нерестящихся особей ставриды в прибрежных водах на юго-западном шельфе Крыма было зарегистрировано в июне-июле месяце в температурном интервале от 21,5 до 24,5 °С.

Как показывают проведенные нами наблюдения, в годы, когда средняя за нерестовый период (с апреля по август) температура воды близка к 20–20,5 °С, созревание половых продуктов как у самок, так и у самцов идет быстрее, значения ГСИ высокие и нерест проходит активнее. В годы, когда средняя за нерестовый период температура воды не высокая (18,5–19,5 °С), нерест затягивается и в эти годы иногда даже в августе-сентябре встречаются отдельные косяки рыб с текучей икрой последней порции; в связи с этим следующий нерестовый период наступает у них позже.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании проведенных исследований выявлена зависимость развития репродуктивной системы ставриды, определяемой по гонадосоматическому индексу, от температуры. Получено, что коэффициенты корреляции между изменениями ГСИ и межгодовыми изменениями температуры воды в пик нереста составляют у самок $r = 0,77$, у самцов — $r = 0,76$.
2. Исследования показали, что при повышении среднемесячной температуры морской воды до 25,5 °С, гонадосоматический индекс увеличивается, при дальнейшем повышении температуры воды ГСИ ставриды, обитающей на юго-западном шельфе Крыма, снижается.
3. Максимальные среднемесячные значения ГСИ у ставриды в среднем за период проведения исследований (2010–2018 гг) наблюдались в июне и июле: у самок 4,54 и 4,05, а у самцов 4,52 и 6,21, соответственно.
4. Сравнение показало, что в более теплых районах Средиземноморско-Черноморского района нарастание гонадосоматического индекса у средиземноморской ставриды смещается на более ранние сроки.

Работа выполнена:

– по госбюджетной теме ИПТС 0012-2019-0002 «Фундаментальные исследования процессов в климатической системе, определяющих пространственно-временную изменчивость природной среды глобального и регионального масштабов» руководитель направления – член-корр. РАН А. Б. Полонский;

– по теме "Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем" (№ 0828-2019-0006) (регистрационный номер НИОКТР: АААА-А18-118020890090-2).

Список литературы

1. Кожурин Е. А. Динамика уловов промысловых рыб Крыма в Чёрном море / Е. А. Кожурин, В. А. Шляхов, Е. П. Губанов // Труды ВНИРО. – 2018. – Т. 171. – С. 157–169.
2. Шляхов В. А. Промыслово-биологические показатели рыболовства для важнейших распределённых запасов водных биоресурсов Чёрного моря как основа их регионального оценивания / В. А. Шляхов, О. В. Шляхова, В. П. Надолинский, О. А. Перевалов // Водные биоресурсы и среда обитания. – 2018. – Т. 1, Вып. 1. – С. 86–103.
3. Kasapoğlu N. Age, Growth, and Mortality of Exploited Stocks: Anchovy, Sprat, Mediterranean Horse Mackerel, Whiting, and Red Mullet in the Southeastern Black Sea / N. Kasapoğlu // AquatSci Eng. – 2018. – Vol. 33(2). – С. 39–49.
4. Никольский Г. В. Теория динамики стада рыб / Г. В. Никольский – М.: Пищепромиздат, 1974. – 448 с.
5. Кузьминова Н. С. Современное состояние молоди массовых промысловых видов рыб в прибрежной зоне Черного моря / Н. С. Кузьминова // Вісник Запорізького національного університету. – 2012. – № 3. – С. 57–65.
6. Руднева И. И. Возрастная динамика некоторых морфофизиологических и биохимических параметров черноморской ставриды *Trachurus mediterraneus* / И. И. Руднева, Н. С. Кузьминова, И. И. Дорохова // Вестник СПбГУ. – 2014. – Сер. 3, Вып. 1. – С. 39–47.
7. Kuzminova N. Age- Dependent Changes of Mediterranean *Trachurus mediterraneus* Male and Female from Coastal Waters of Sevastopol (Black Sea, Ukraine) / N. Kuzminova, I. Dorokhova, I. Rudneva // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2014. – Vol. 14. – P. 183–192.
8. Овен Л. С. Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб / Л. С. Овен – Киев: Наукова Думка, 1976 – 131 с.
9. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб / И. Ф. Правдин – М.: Пищепромиздат, 1966. – 376 с.
10. Алеев Ю. Г. О размножении черноморской ставриды южного стада в северных районах Черного моря / Ю. Г. Алеев // Труды Севастоп. биол.станции. – 1959 – Т. 12. – С. 271–284.
11. Abaunza P. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae) / P. Abaunza, L. Gordo, C. Karlou-Riga, A. Murta, A. T. G. W. Eltink, M. T. Garc'ia Santamar'ia, C. Zimmermann, C. Hammer, P. Lucio, S. A. Iversen, J. Molloy & E. Gallo // Reviews in Fish Biology and Fisheries. – 2003. – Vol. 13. – С. 27–61.
12. Алеев Ю. Г. Ставрида Чёрного моря / Ю. Г. Алеев. – Симферополь: Крымиздат, 1952. – 24 с.
13. Aydin M. Age, growth, length-weight relationship and reproduction of the Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus* Linnaeus, 1758) in ordu (Black Sea) / M. Aydin, U. Karadurmuş // Ordu Univ. J. Sci. Tech. – 2012. – Vol. 2, No 2. – P. 68–77.
14. Güroy D. Some biological aspects of Atlantic mackerel caught from the Dardanelles and its vicinity (in Turkish) / D. Güroy, G. Kahyaoglu, O. Ozen, A. A. Tekinay // E.U. J of Fish and Water Pro. – 2006. – Vol. 23. – P. 91–93.
15. Pešić A. Biological characteristic of Mediterranean Horse Mackerel (*Trachurus Mediterraneus*, Steindachner, 1868) from the Montenegrin Shelf (Southern Adriatic) / A. Pešić, A. Joksimović, M. Đurović, M. Mandić, O. Marković, Z. Ikica // Water Research and Management. – 2012. – Vol. 2, No. 3. – P. 29–33.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE FACTOR ON INTERANNUAL CHANGES IN THE GONADOSOMATIC INDEX IN MEDITERRANEAN HORSE MACKEREL (*TRACHURUS MEDITERRANEUS*) IN THE COASTAL WATERS OF CRIMEA

Melnikova E. B.¹, Kuzminova N. S.²

¹*Institute of Natural and Technical Systems, Sevastopol, Russia*

²*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas, Sevastopol, Russia*

E-mail: helena_melnikova@mail.ru

A study of the features of the change in the gonadosomatic index (GSI) in Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus* [Steindachner, 1868]), which lives on the South-Western shelf of Crimea, taking into account the influence of environmental parameters, was carried out. Samples were collected in 2010-2018 from April to September. Based on the studies, a temperature dependence of the development of the mackerel reproductive system, determined by the gonadosomatic index, was revealed. It was found that the correlation coefficients between changes in GSI and interannual changes in water temperature at the spawning peak are $r = 0.77$ for females and $r = 0.76$ for males.

The average annual GSI values for the Spring-Summer period separately for females and males, as well as the water temperature in the study area, are given. It was noted that with increasing sea water temperature from April to June, the value of GSI in females and males increases.

It was found that on April in the South-Western shelf of Crimea, the average annual GSI in females was 1.670; males – 1,110. The highest average annual GSI values were observed in horse mackerel in June and July: in females – 4.54 and 4.05, and in males – 4.52 and 6.21, respectively.

Studies have shown that with an increase in the average monthly temperature of seawater to 25.5 °C, the gonadosomatic index increases; with a further increase in water temperature, the GSI of horse mackerel, which lives on the southwestern shelf of Crimea, decreases.

The results of the analysis of the length composition of females and males of horse mackerel with gonads of different stages of maturity are presented. It was found that in years when the average temperatures for the spawning period are close to 20–20.5 °C, the maturation of the sexual products in females and males is faster, the GSI is high and spawning is more active.

The comparison showed that in the warmer regions of the Mediterranean-Black Sea region the increase in the gonadosomatic index in the Mediterranean horse mackerel is shifted to an earlier date.

Keywords: Mediterranean horse mackerel, Black Sea, gonadosomatic index (GSI), Spring-Summer period

References

1. Kozhurin E. A., Shlyakhov V. A., Gubanov E. P. The dynamics of catches of commercial fish of the Crimea in the Black Sea, *Tr. of VNIRO*. **171** (2018).
2. Shlyakhov V. A., Shlyakhova O. V., Nadolinsky V. P., Perevalov O. A. Commercial and biological indicators of fisheries for the most important distributed stocks of aquatic biological resources of the Black Sea as the basis for their regional assessment, *Aquatic bioresources and habitat*. **1**, 1 (2018).
3. Kasapoğlu N. Age, Growth, and Mortality of Exploited Stocks: Anchovy, Sprat, Mediterranean Horse Mackerel, Whiting, and Red Mullet in the Southeastern Black Sea, *AquatSci Eng.* **33**, 2 (2018).
4. Nikolsky G. V. *Theory of fish herd dynamics*. (1974).
5. Kuzminova N. S. The current state of juveniles of mass commercial fish species in the coastal zone of the Black Sea, *Bulletin of Zaporizhzhya National University*. **3** (2012).
6. Rudneva I. I., Kuzminova N. S., Dorokhova I. I. Age dynamics of some morphophysiological and biochemical parameters of the Black Sea horse mackerel *Trachurus mediterraneus*, *Bulletin of St. Petersburg State University*. **3**, 1. (2014).
7. Kuzminova N., Dorokhova I., Rudneva I. Age- Dependent Changes of Mediterranean *Trachurus mediterraneus* Male and Female from Coastal Waters of Sevastopol (Black Sea, Ukraine), *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **14** (2014).
8. Oven L. S. *Features of oogenesis and the nature of spawning of marine fish*. (1976).
9. Pravdin I. F. *Fish study guide*. (1966).
10. Aleev Yu. G. About breeding of the Black Sea horse mackerel of the southern herd in the northern regions of the Black Sea, *Tr of Sevastop. biol. station*. **12** (1959).
11. Abauza P., Gordo L., Karlou-Riga C., Murta A., Eltink A. T. G. W., Santamaría M. T. García, Zimmermann C., Hammer C., Lucio P., Iversen S. A., Molloy J. & Gallo E. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae), *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. **13** (2003).
12. Aleev Yu. G. *Black Sea horse mackerel* (1952).
13. Aydın M., Karadurmug U. Age, growth, length-weight relationship and reproduction of the Atlantic horse mackerel (*Trachurus trachurus* Linnaeus, 1758) in ordu (Black Sea), *Ordu Univ. J. Sci. Tech.* **2**, 2. (2012).
14. Güroy D., Kahyaoğlu G., Ozen O., Tekinay A. A. Some biological aspects of Atlantic mackerel caught from the Dardanelles and its vicinity (in Turkish), *E.U. J of Fish and Water Pro.* **23** (2006).
15. Pešić A. Joksimović A., Đurović M., Mandić M., Marković O., Ikica Z. Biological characteristic of Mediterranean Horse Mackerel (*Trachurus Mediterraneus*, Steindachner, 1868) from the Montenegrin Shelf (Southern Adriatic), *Water Research and Management*. **2**, 3. (2012).

УДК 612.82:577.17:591.044

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-110-124

**ВЛИЯНИЕ ИНСУЛИНОВОГО ШОКА НА ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ
МОДИФИКАЦИЮ БЕЛКОВ НЕРВНОЙ ТКАНИ ГОЛОВНОГО МОЗГА
ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС**

Никольская В. А.¹, Черетаев И. В.²

*¹ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет» имени Февзи Якубова,
Симферополь, Республика Крым, Россия*

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

В статье приведена оценка влияния воздействия гиперинсулинемии на уровень окислительной модификации белков в нервной ткани головного мозга лабораторных крыс. Эксперименты выполнены на 32 беспородных крысах-самцах массой 380–400 г, разделённых на 4 группы. Одна группа была интактной, три опытные группы подвергались воздействию инсулинового шока различной интенсивности. Материалом для исследований служил гомогенат нервной ткани головного мозга крыс, изучение уровня окислительной модификации белков нервной ткани проводили с помощью метода Дубининой Е. Е. Инсулиновый шок снижал окислительный потенциал гомогената нервной ткани головного мозга крыс, уменьшая как суммарный уровень карбонильных продуктов окислительной модификации белков, так и отдельных его фракций – первичных и вторичных продуктов окисления белков, ответственных за фрагментацию и агрегацию белковых молекул. При этом снижался уровень карбонильных продуктов окисления белков как основного, так и нейтрального характера.

Ключевые слова: инсулиновый шок, гиперинсулинемия, окислительная модификация белков, лабораторные крысы, нервная ткань.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема охраны здоровья и внедрение в предиктивную медицину здоровьесберегающих технологий и, что особенно важно на современном этапе развития, использование не только в лечебных и диагностических, но и, в полной мере, профилактических целях стресс-индексов, приобретает глобальный характер и затрагивает вопросы, требующие значительного внимания исследователей всех направлений медицины и биологии.

Вызывает несомненный интерес с точки зрения анализа структурного следа в организме изучение воздействия гиперинсулинемии (ГП) на нервную ткань лабораторных животных. Развитие стрессового состояния при ГП может быть обусловлено рядом причин как эндогенного, так и экзогенного характера [1–12], однако следует отметить, что проявление стресс-обусловленных изменений в организме обычно сопровождается активацией окислительных процессов на всех уровнях [13–19].

Обоснованием к изучению образования продуктов окислительной модификации белков (ОМБ) в нервной ткани при экспериментальном исследовании воздействия инсулинового шока послужили данные литературы, свидетельствующие о том, что, окислительная деструкция белков является одним из ранних индикаторов повреждения ткани [13–17, 19–25]. ОМБ рассматривается как фактор патогенеза нервной ткани при многих заболеваниях [18–25]. В отдельных работах присутствуют сведения о влиянии экспериментальной ГП на окислительные процессы в сыворотке крови, эритроцитах, надпочечниках и некоторых других тканях [1–5, 12], однако влияние данной патологии на процессы свободнорадикального окисления в нервной ткани практически не изучены.

Цель настоящей статьи – оценить изменения уровня окислительной модификации белков (ОМБ) в нервной ткани головного мозга лабораторных крыс при воздействии инсулинового шока.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили с соблюдением принципов, изложенных в Конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других целей (Страсбург, Франция, 1986).

Эксперимент выполнен на 32 половозрелых беспородных крысах-самцах массой 380–400 г. (возраст 6 месяцев), разделённых на 4 группы по 8 особей: контрольная (интактная) группа, группа №1 – лабораторные животные, подверженные однократному воздействию инсулинового шока (1 раз в сутки, 1 сутки); группа №2 – лабораторные крысы, подверженные двукратному воздействию инсулинового шока (1 раз в сутки, 2-е суток); группа №3 – лабораторные крысы, подверженные трехкратному воздействию инсулинового шока (1 раз в сутки, 3-е суток). Крысам опытных групп подкожно вводили по 3,5 Ед инсулина. Наличие развития гипогликемической комы определяли появлением судорог. Животные, которые интактной группы в это время оставались в своих клетках. Забой экспериментальных животных осуществляли путём декапитации на гильотине («НПК Открытая наука, Россия»).

Материалом для исследований служил гомогенат нервной ткани головного мозга крыс, полученный по методу Кутлубаева М. А. и соавторов [26]. Изучение уровня ОМБ нервной ткани проводили с помощью метода Дубининой Е. Е. [27], основанного на реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белка с 2,4 – динитрофенилгидразином (2,4 – ДНФГ) с образованием производных 2,4 – ДНФГ. Измерения экстинкций супернатанта при длинах волн (λ) 356, 370, 430 и 530 нм проводили на спектрофотометре 5400-УФ («Экрос-аналитика», Россия). Согласно [28] при λ 356 нм регистрируют преимущественно альдегид-динитрофенилгидразоны нейтрального характера (альдегид-ДФНГ-н), при λ 370 нм – кетондинитрофенилгидразоны нейтрального характера (кетон-ДФНГ-н), при λ 430 нм – альдегид-динитрофенилгидразоны основного характера (альдегид-ДФНГ-о), при λ 530 нм – кетондинитрофенилгидразоны основного характера (кетон-ДФНГ-о).

Известно [28], что на ранних стадиях окислительного стресса преобладают такие первичные маркеры как альдегид-динитрофенилгидразоны (альдегид-ДФНГ),

а на поздних стадиях – вторичные маркеры – кетондинитрофенилгидразоны (кетон-ДНФГ). Преобладание среди продуктов ОМБ первичных маркеров окислительного стресса свидетельствует о фрагментации белковых молекул, а вторичных – о переходе первичных маркеров окислительного стресса во вторичные и об интенсивной реализации прямого механизма окислительного стресса, о запуске процесса агрегации при накоплении поврежденных белков [28].

По результатам измерений экстинкций супернатанта рассчитывали суммарный уровень карбонильных продуктов ОМБ при всех λ (356, 370, 430 и 530 нм), а также при каждой λ в отдельности. Также рассчитывали суммарный уровень первичных (альдегид-ДНФГ, λ 356 и 430 нм) и вторичных (кетон-ДНФГ, λ 370 и 530 нм) маркеров окислительного стресса. Определяли также смещение спектра карбонильных продуктов ОМБ в сторону образования продуктов основного или нейтрального характера, определяли суммарное количество карбонильных продуктов ОМБ нейтрального ($ОМБ_n$) и основного характера ($ОМБ_o$):

$$ОМБ_n \text{ (е. о. п.)} = \text{альдегид-ДФНГ-н} + \text{кетон-ДФНГ-н}$$

$$ОМБ_o \text{ (е. о. п.)} = \text{альдегид-ДФНГ-о} + \text{кетон-ДФНГ-о}$$

Увеличение $ОМБ_n$ свидетельствует о преимущественном повреждении остатков нейтральных аминокислот белков в условиях эксперимента, а $ОМБ_o$ – основных аминокислот.

Статистическую обработку результатов эксперимента осуществляли с помощью параметрического t-критерия Стьюдента, так как экспериментальные данные подчинялись закону нормального распределения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 представлены нативные данные (в е. о. п.) и в процентах суммарного уровня карбонильных продуктов ОМБ при λ 356, 370, 430 и 530 нм в нервной ткани головного мозга лабораторных крыс интактной группы и при воздействии 1-, 2- и 3-кратной ГП.

Во всех опытных группах с ГП по сравнению с интактной происходило достоверное снижение суммарного уровня карбонильных продуктов ОМБ: в 1-ой – на 37,6 % ($n=8$; $p \leq 0,01$), во 2-ой – на 40,4 % ($n=8$; $p \leq 0,01$), в 3-ей – на 40,8 % ($n=8$; $p \leq 0,01$). Это, возможно, свидетельствует об общем снижении процессов ОМБ при ГП и как, кажется на первый взгляд, защитном эффекте ГП при окислительном стрессе. Возможно, что в условиях ГП ухудшается снабжение нервной ткани кислородом, что уменьшает образование активных форм кислорода и угнетает образование продуктов ОМБ. Подтверждением данной гипотезы служат работа [29], в которой было отмечено, что негативные морфологические изменения в тканях головного мозга белых крыс разного возраста при экспериментальной ГП, созданной внутримышечным введением инсулина в дозе 1 МЕ/кг, визуальны имеют сходную картину с гипоксическим поражением нервной ткани.

Для того, чтобы более полно проследить процессы ОМБ, необходимо рассмотреть динамику образования окисленных продуктов при каждой из измеряемых длин волн, которая представлена на рис. 2.

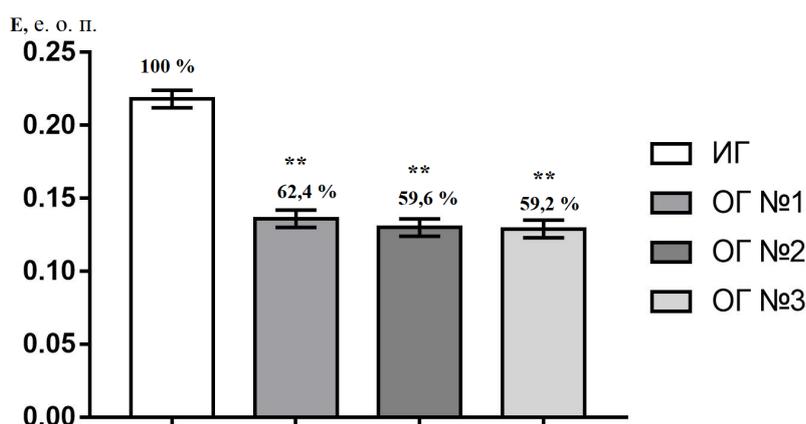


Рис. 1. Суммарный уровень карбонильных продуктов окислительной модификации белков при λ 356, 370, 430 и 530 нм в гомогенате нервной ткани головного мозга крыс интактной группы и при воздействии 1-, 2- и 3-кратной гиперинсулинемии.

Примечание: ИГ – интактная группа, ОГ №1, ОГ №2 и ОГ №3 – опытные группы № 1, 2 и 3 соответственно. ** – достоверность различий показателя по сравнению с интактной группой при $p < 0,01$. За 100 % принят суммарный уровень продуктов окислительной модификации белков при λ 356, 370, 430 и 530 нм в гомогенате нервной ткани лабораторных крыс интактной группы.

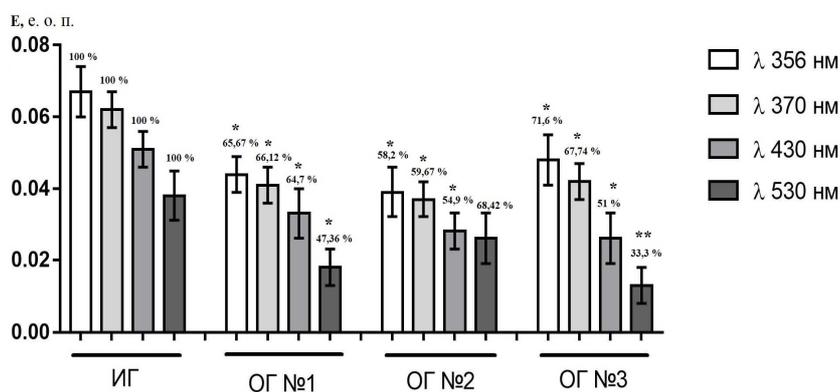


Рис. 2. Уровень продуктов окислительной модификации белков при λ 356, 370, 430 и 530 нм в гомогенате нервной ткани головного мозга крыс интактной группы и при воздействии 1-, 2- и 3-кратной гиперинсулинемии.

Примечание: ИГ – интактная группа, ОГ № 1, ОГ № 2 и ОГ № 3 – опытные группы № 1, 2 и 3 соответственно. *, ** – достоверность различий показателя по сравнению с интактной группой при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$ соответственно. За 100 % принят суммарный уровень продуктов окислительной модификации белков при λ 356, 370, 430 и 530 нм в гомогенате нервной ткани крыс интактной группы.

Как видно из данного рис., однократное воздействие ГП достоверно понижало уровень продуктов ОМБ в гомогенате нервной ткани головного мозга крыс опытной группы №1 по сравнению с интактной группой при всех длинах волн регистрации: на 34,33 % (n=8; p≤0,05) при λ 356 нм; на 33,88 % (n=8; p≤0,05) при λ 370 нм; на 35,30 % (n=8; p≤0,05) при λ 430 нм и на 52,64 % (n=8; p≤0,05) при λ 530 нм. Таким образом, в данном случае происходило снижение всех типов продуктов ОМБ – как кетон-ДФНГ-н и альдегид-ДФНГ-н, так и альдегид-ДФНГ-о и кетон-ДФНГ-о.

Двухкратное воздействие ГП достоверно снижало уровень продуктов ОМБ в гомогенате головного мозга крыс опытной группы № 2 по сравнению с интактной группой при трёх из четырёх длин волн регистрации: на 41,8 % (n=8; p≤0,05) при λ 356 нм; на 40,33 % (n=8; p≤0,05) при λ 370 нм; на 45,1 % (n=8; p≤0,05) при λ 430 нм. По сравнению с опытной группой №1 в опытной группе № 2 происходило более выраженное снижение кетон-ДФНГ-н, т.е. наблюдается более значительное снижение продуктов вторичного окисления белков.

Трёхкратное воздействие ГП достоверно снижало уровень продуктов ОМБ в гомогенате нервной ткани крыс опытной группы № 3 по отношению к интактной группе при всех длинах волн регистрации: на 28,4 % (n=8; p≤0,05) при λ 356 нм; на 32,26 % (n=8; p≤0,05) при λ 370 нм; на 49 % (n=8; p≤0,05) при λ 430 нм и на 66,7 % (n=8; p≤0,01) при λ 530 нм. Таким образом, в опытной группе № 3 наблюдалось наибольшее снижение альдегид-ДФНГ-о и кетон-ДФНГ-о.

Для того, чтобы более детально оценить процессы, протекающие при ОМБ в нервной ткани в условиях ГП, в каждой группе рассчитывали суммарный уровень первичных (альдегид-ДФНГ) и вторичных (кетон-ДФНГ) маркеров окислительного стресса, эти данные представлены на рис. 3. Во всех трех опытных группах по сравнению с интактной происходило достоверное снижение первичных и вторичных карбонильных продуктов ОМБ (рис. 3), что свидетельствует об угнетении в условиях инсулинового шока процессов свободнорадикального окисления, связанных как с фрагментацией белковых молекул, так и с их агрегацией. Так, уровень первичных маркеров окислительного стресса снижался в опытной группе № 1 на 37,75 % (n=8; p≤0,01), в опытной группе № 2 – на 43,2 % (n=8; p≤0,01) и в опытной группе № 3 – на 37,3 % (n=8; p≤0,01). Уровень вторичных маркеров окислительного стресса снижался в опытной группе № 1 на 41 % (n=8; p≤0,01), в опытной группе № 2 – на 37 % (n=8; p≤0,01) и в опытной группе № 3 – на 45 % (n=8; p≤0,01). При этом в интактной и опытных группах № 1 и 3 (рис. 3) суммарный уровень вторичных карбонильных продуктов ОМБ был достоверно ниже, чем суммарный уровень первичных карбонильных продуктов. В опытной группе № 2 достоверных отличий в содержании первичных и вторичных маркеров окислительного стресса не было обнаружено. Следовательно, в соответствии с [28], в интактной группе и при одно- и трёхкратном воздействии ГП в нервной ткани среди карбонильных продуктов ОМБ преобладали первичные маркеры окислительного стресса, что свидетельствует о реализации свободнорадикального окисления в большей степени за счёт фрагментации белковых молекул, чем за счёт их агрегации. При двукратном воздействии ГП содержание первичных и вторичных карбонильных продуктов было практически равным, что свидетельствует о

практически одинаковой выраженности процессов фрагментации и агрегации белковых молекул в данных условиях. Наблюдаемая динамика первичных и вторичных маркеров окислительного стресса в гомогенате нервной ткани головного мозга крыс в условиях инсулинового шока возможно отражает комплексную реакцию триады «метаболические реакции – свободнорадикальное окисление – система антиоксидантной защиты» в ответ на кратность воздействия инсулинового шока: при однократном воздействии ГП сначала снижается образование первичных и вторичных продуктов ОМБ, при этом сохраняется динамическое равновесие их соотношения; при двукратном воздействии инсулинового шока динамическое равновесие сдвигается в сторону некоторого увеличения образования продуктов вторичного окисления белков, а при трёхкратном воздействии инсулинового шока динамическое равновесие соотношения первичных и вторичных продуктов окисления восстанавливается.

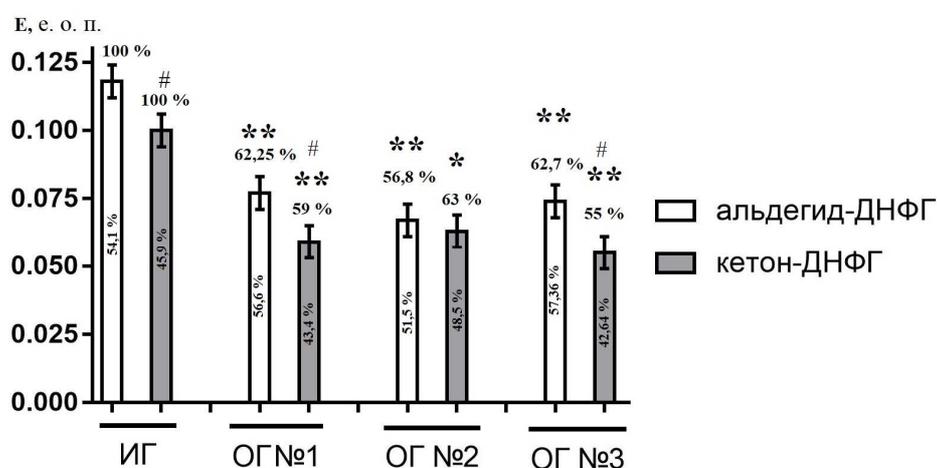


Рис. 3. Суммарный уровень первичных (альдегид-ДНФГ) и вторичных (кетон-ДНФГ) маркеров окислительного стресса в гомогенате нервной ткани головного мозга лабораторных крыс интактной группы и при воздействии 1-, 2- и 3-кратной гиперинсулинемии.

Примечания: ИГ – интактная группа, ОГ № 1, ОГ № 2 и ОГ № 3 – опытные группы № 1, 2 и 3 соответственно. % внутри столбиков обозначают долю от суммарного уровня продуктов ОМБ (100 %), зарегистрированных при всех длинах волн, а % вне столбиков – уровень относительно значений данной фракции окисленных белков в интактной группе (100 %). *, ** – достоверность различий показателя по сравнению с интактной группой при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,01$ соответственно. # – достоверность различий уровня первичных (альдегид-ДНФГ) и вторичных (кетон-ДНФГ) маркеров окислительного стресса $p \leq 0,05$.

Для того, чтобы оценить участие остатков нейтральных и основных аминокислот в окислительном повреждении белковых молекул в каждой группе определяли суммарное количество карбонильных продуктов нейтрального ($ОМБ_n$) и основного характера ($ОМБ_o$), эти данные приведены на рис. 4. Во всех трех

опытных группах по сравнению с интактной происходило достоверное снижение карбонильных продуктов как $ОМБ_n$, так и $ОМБ_o$. Возможно, это свидетельствует об угнетении процессов окисления белков в нервной ткани головного мозга в условиях ГП за счёт снижения свободнорадикального повреждения нейтральных и основных аминокислот белковых молекул. Так, в опытной группе № 1 уровень $ОМБ_n$ снижался на 34,1 % (n=8; p<0,01), в опытной группе № 2 – на 41,1 % (n=8; p<0,01) и в опытной группе № 3 – на 30,2 % (n=8; p<0,01). Уровень $ОМБ_o$ снижался в опытной группе № 1 на 42,7 % (n=8; p<0,01), в опытной группе № 2 – на 39,3 % (n=8; p<0,01) и в опытной группе № 3 – на 56,2 % (n=8; p<0,01). Следует отметить, что во всех исследуемых группах, в том числе и в интактной, уровень $ОМБ_o$ был достоверно ниже уровня $ОМБ_n$. Наблюдаемая динамика $ОМБ_n$ и $ОМБ_o$ в нервной ткани крыс в условиях инсулинового шока различной продолжительности отражает адаптационные изменения к воздействию ГП, наиболее выраженные различия между уровнем карбонильных продуктов $ОМБ_n$ и $ОМБ_o$ наблюдались в опытной группе № 3 (трёхкратная ГП), а наименее выраженные – в опытной группе № 1 (однократная ГП).

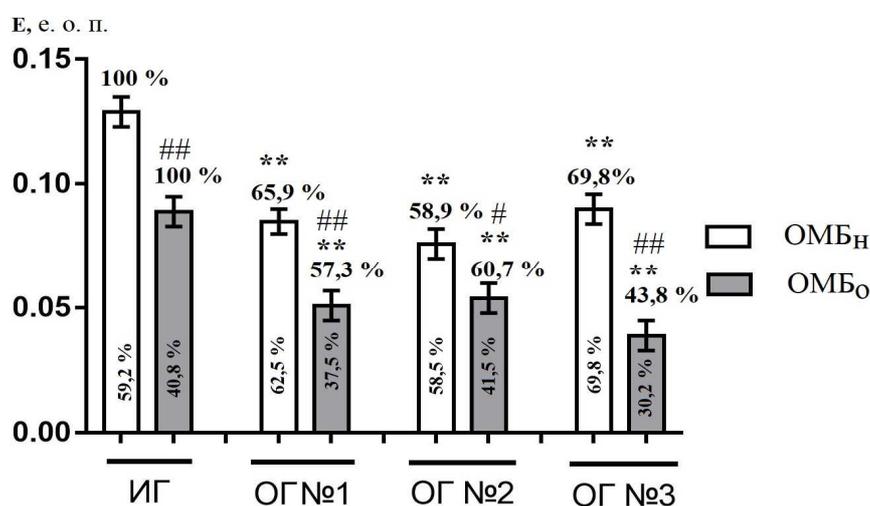


Рис. 4. Суммарный уровень карбонильных продуктов окислительной модификации белков нейтрального ($ОМБ_n$) и основного характера ($ОМБ_o$) в гомогенате нервной ткани головного мозга крыс интактной группы и при воздействии 1-, 2- и 3-кратной гиперинсулинемии.

Примечание: ИГ – интактная группа, ОГ № 1, ОГ № 2 и ОГ № 3 – опытные группы № 1, 2 и 3 соответственно. % внутри столбиков обозначают долю от суммарного уровня продуктов $ОМБ$ (100 %), зарегистрированных при всех длинах волн, а % вне столбиков – уровень относительно значений данной фракции окисленных белков в интактной группе (100 %). ** – достоверность различий показателя по сравнению с интактной группой при p<0,01. #, ## – достоверность различий в пределах данной группы крыс карбонильных продуктов $ОМБ_n$ и $ОМБ_o$ при p<0,05 и p<0,01 соответственно.

Таким образом, при увеличении кратности воздействия инсулинового шока спектр карбонильных продуктов ОМБ смещался в сторону увеличения содержания продуктов основного характера, т. е. увеличивалась роль основных аминокислот в качестве мишеней для повреждения белковых молекул свободными радикалами.

В целом, инсулиновый шок и экспериментальная ГП снижали окислительный потенциал гомогената нервной ткани головного мозга крыс, уменьшая как суммарный уровень карбонильных продуктов ОМБ, так и отдельных его фракций – первичных и вторичных продуктов окисления белков, ответственных за фрагментацию и агрегацию белковых молекул; карбонильных продуктов ОМБ как основного, так и нейтрального характера. Полученные данные согласуются с ранее полученными нами результатами в сыворотке крови крыс при экспериментальной (1-, 2- и 3-кратной) ГП, где также было отмечено снижение суммарного уровня карбонильных продуктов ОМБ [10].

Инсулиновый шок в виде инсулинокоматозной или инсулиношоковой терапии различных типов шизофрении до недавнего времени часто применялся в зарубежной и ещё шире использовался в отечественной психиатрии (в последней изредка используется до сих пор), при этом механизм положительного воздействия данной процедуры на психоэмоциональное состояние страдающих шизофренией людей не известен [30]. Согласно данным [31], в гиппокампе мозга крыс (180–250 г) было обнаружено значимое уменьшение уровня малонового диальдегида, свидетельствующее о снижении процессов перекисного окисления липидов, что также хорошо согласуется с нашими результатами об антиокислительном эффекте инсулинового шока в отношении гомогената нервной ткани головного мозга крыс репродуктивного возраста. Принимая во внимание, что инсулин способствует утилизации перекисей и оказывает влияние на структурно-функциональные свойства клеточных мембран [32], а также учитывая полученные нами собственные результаты и процитированные выше данные научных работ других авторов, мы предполагаем, что одним из биохимических механизмов положительного эффекта краткосрочной инсулинокоматозной терапии является снижение процессов свободнорадикального окисления в клетках головного мозга человека.

Немалый интерес к ГП и механизмам воздействия инсулинового шока на клетки мозга человека обусловлен и тем, что некоторые осложнения, вызванные долгосрочным воздействием данного состояния или сопутствующие ему (в частности различные энцефалопатии при ГП вследствие инсулинотерапии диабета), могут привести к серьезным отдаленным отрицательным последствиям для здоровья человека. На современном этапе развития медицины и биохимии формируется новая система видения процессов формирования данного отклонения, способствующая поиску маркеров, позволяющих оценить интенсивность его проявления. Дальнейшее исследование воздействия ГП и вызванного ей шокового состояния на различные уровни метаболизма в организме необходимо для поиска способа предупреждения развития различного рода осложнений, вызванных данным состоянием.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе изучено влияние инсулинового шока на уровень продуктов окислительной модификации белков в гомогенате нервной ткани головного мозга лабораторных крыс и установлено, что:

1. Инсулиновый шок и экспериментальная ГП способствовала снижению свободнорадикального окисления белков в гомогенате нервной ткани головного мозга крыс, снижая у всех исследуемых групп, подвергнутых инсулиновому шоку суммарный уровень карбонильных продуктов ОМБ: в 1-ой – на 37,6 % ($n=8$; $p\leq 0,01$), во 2-ой – на 40,4 % ($n=8$; $p\leq 0,01$), в 3-ей – на 40,8 % ($n=8$; $p\leq 0,01$).
2. Экспериментальная ГП вызывала достоверные изменения уровня продуктов ОМБ в нервной ткани головного мозга крыс, выражающиеся в снижении альдегид- и кетонпроизводных как основного, так и нейтрального характера по сравнению с показателями интактной группы за счёт снижения свободнорадикального повреждения нейтральных и основных аминокислот белковых молекул.
3. Во всех трех группах с экспериментальной ГП по сравнению с интактной происходило достоверное снижение первичных и вторичных карбонильных продуктов ОМБ, что свидетельствует об угнетении в условиях инсулинового шока процессов свободнорадикального окисления, связанных как с фрагментацией белковых молекул, так и с их агрегацией. При одно- и трёхкратном воздействии ГП среди карбонильных продуктов ОМБ в нервной ткани головного мозга крыс преобладали первичные маркеры окислительного стресса, образовавшиеся преимущественно за счёт фрагментации белковых молекул. При двухкратном воздействии ГП содержание первичных и вторичных карбонильных продуктов было практически равным, что свидетельствует о практически одинаковой выраженности процессов фрагментации и агрегации белковых молекул в данных условиях.
4. Во всех исследуемых группах, в том числе и в интактной, уровень $ОМБ_o$ был достоверно ниже уровня $ОМБ_n$. Наиболее выраженные различия между уровнем карбонильных продуктов $ОМБ_n$ и $ОМБ_o$ наблюдались при трёхкратной ГП, а наименее выраженные – при однократной. При трёхкратном инсулиновом шоке спектр карбонильных продуктов ОМБ смещался в сторону увеличения содержания продуктов основного характера, так как увеличивалась роль основных аминокислот в качестве мишеней для повреждения белковых молекул свободными радикалами.

Работа выполнена в 2017–2018 гг. на научном оборудовании Центра коллективного пользования «Экспериментальная физиология и биофизика» Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Никольская В. А. Влияние гиперинсулинемии на отдельные биохимические показатели у больных с надпочечниковой недостаточностью / В. А. Никольская, И. Н. Недбайло // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 4. – С. 106–111.
2. Никольская В. А. Изменение процессов окислительной модификации белков и уровня молекул средней массы у больных с надпочечниковой недостаточностью, сопровождающейся гиперинсулинемией / В. А. Никольская // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62), № 1. – С. 84–90.
3. Никольская В. А. Изменения биохимических показателей эритроцитов крови при воздействии экспериментальной гиперинсулинемии / В. А. Никольская, И. Н. Недбайло // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 89–97.
4. Никольская В. А. Роль биохимического анализа при патологии стоматологического характера в выявлении эндокринных заболеваний, сопровождающихся гиперинсулинемией / В. А. Никольская, З. Н. Меметова // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 177–182.
5. Cheretaev I. Effect of hyperinsulinemia on oxidative modification of proteins in blood serum of laboratory rats / I. Cheretaev, V. Nikolskaya // European Journal of Clinical Investigation. – 2019. – Vol. 49, S. 1. – P. 120.
6. Никольская В. А. Влияние экспериментальной гиперинсулинемии на уровень молекул средней массы в сыворотке крови лабораторных крыс / В. А. Никольская // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2012. – Т. 25, № 1 (64). – С. 172–176.
7. Никольская В. А. Биохимический аспект рассмотрения молекул средней массы в организме / В. А. Никольская, Ю. В. Данильченко, З. Н. Меметова // Ученые записки Таврического федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2013. – Т. 26 (65), № 1. – С. 139–145.
8. Никольская В. А. Уровень молекул средней массы в сыворотке крови и ротовой жидкости у беременных в состоянии гиперинсулинизма и при гестационном сахарном диабете / В. А. Никольская, З. Н. Меметова // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2013. – Т. 26 (65), № 4. – С. 132–137.
9. Никольская В. А. Изменение уровня молекул средней массы в сыворотке крови и гомогенате нервной ткани лабораторных животных при воздействии экспериментальной гиперинсулинемии / В. А. Никольская, И. С. Лютослав // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2017. – Т. 3 (69), № 3. – С. 97–104.
10. Cheretaev I. Effect of stress ulcerogenesis on the processes of oxidative modification of proteins in the blood serum of laboratory rats / I. Cheretaev, V. Nikolskaya // European Journal of Clinical Investigation. – 2019. – Vol. 49, S. 1. – P. 119–120. doi: 10.1111/eci.13109
11. Никольская В. А. Гиперинсулинемия, влияние на метаболические процессы в организме / В. А. Никольская, Н. А. Постольник, З. Н. Меметова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 5 (24), Ч.1. – С. 35–39.
12. Макишева Р. Т. Инсулин и клеточная смерть / Р. Т. Макишева // Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал. – 2015. – Т. 9, № 2. – С. 1–18. doi: 10.12737/10812
13. Дубинина Е. Е. Окислительная модификация белков / Е. Е. Дубинина, И. В. Шугалей // Успехи современной биологии. – 1993. – Т. 113, № 1. – С. 71–79.
14. Дубинина Е. Е. Продукты метаболизма кислорода в функциональной активности клеток (жизнь и смерть, созидание и разрушение). Физиологические и клинико-биохимические аспекты / Е. Е. Дубинина. – С.-Пб.: Издательство «Медицинская пресса», 2006. – 400 с.
15. Лушак В. И. Свободнорадикальное окисление белков и его связь с функциональным состоянием организма / В. И. Лушак // Биохимия. – 2007. – Т. 72, № 8. – С. 995–1017.

16. Никольская В. А. Влияние окислительного стресса *in vitro* на уровень молекул средней массы в сыворотке крови и гемолизате эритроцитов *Sus scrofa* / В. А. Никольская // Экосистемы. – 2011. – № 4. – С. 123–126.
17. Никольская В. А. Влияние окислительного стресса *in vitro* на показатели сыворотки крови и эритроцитов представителей *Amphibia*, *Aves* и *Mammalia* / В. А. Никольская, И. В. Чертаев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 6 (48), Ч. 5. – С. 19–24.
18. Капитонов В. М. «Окислительный стресс» и его коррекция у больных с тяжелой сочетанной травмой / В. М. Капитонов, Д. А. Остапченко // Общая реаниматология. – 2010. – Т. 6, № 4. – С. 70–75.
19. Ходос М. Я. Окислительный стресс и его роль в патогенезе / М. Я. Ходос, Я. Е. Казаков, М. Б. Видревич [и др.]. // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2017. – Т. 14, № 4. – С. 381–398. doi: 10.22138/2500-0918-2017-14-4-381-398
20. Васенина Е. Е. Окислительный стресс в патогенезе нейродегенеративных заболеваний: возможности терапии / Е. Е. Васенина, О. С. Левин // Современная терапия в психиатрии и неврологии. – 2013. – № 3–4. – С. 39–46.
21. Залесский В. Н. Наночастицы и нейротоксичность: молекулярно-клеточные механизмы нейровоспаления, окислительного стресса при нейродегенеративных заболеваниях и их потенциальная нутриентопрофилактика / В. Н. Залесский, Н. В. Великая, С. Т. Омельчук // Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки. – 2014. – № 1–2. – С. 28–37.
22. Мартусевич А. К. Оксидативный стресс и его роль в формировании дизадаптации и патологии / А. К. Мартусевич, К. А. Карузин // Биорадикалы и антиоксиданты. – 2015. – Т. 2, № 2. – С. 5–18.
23. Баранова О. А. Поиск новых маркеров окислительного стресса при ишемии мозга для оптимизации терапевтических подходов / О. А. Баранова, А. В. Чеканов, А. Н. Карнеев [и др.]. // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. – 2011. – Т. 111, № 12. – С. 25–31.
24. Дубинина Е. Е. Окислительный стресс и его влияние на функциональную активность клеток при болезни Альцгеймера / Е. Е. Дубинина, Л. В. Щедрина, Н. Г. Незнанов [и др.]. // Биомедицинская химия. – 2015. – Т. 61, № 1. – С. 57–69.
25. Сидоров А. В. Активные формы кислорода и регуляция нейронных функций / А. В. Сидоров // Новости медико-биологических наук. – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 224–231.
26. Kutlubaev M. A. Free Radical Oxidation in Rat Brain during Chronic Stress and Pharmacological Regulation of This Process / M. A. Kutlubaev, R. R. Farkhutdinov, L. R. Akhmadeeva [et al.]. // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. – 2005. – Vol. 140, No. 4. – P. 416–418. doi: 10.1007/s10517-005-0507-8
27. Дубинина Е. Е. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод её определения / Е. Е. Дубинина, С. О. Бурмистров, Д. А. Ходов [и др.] // Вопросы медицинской химии. – 1995. – Т. 41, Вып. 1. – С. 24–26.
28. Фомина М. А. Способ комплексной оценки содержания продуктов окислительной модификации белков в тканях и биологических жидкостях: методические рекомендации / М. А. Фомина, Ю. В. Абаленихина. – Рязань: РИО РязГМУ, 2014. – 60 с.
29. Макишева Р. Т. Ишемические изменения в головном мозге белых крыс разного возраста после введения инсулина / Р. Т. Макишева, Т. И. Субботина, Б. Б. Бантыш [и др.] // Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал. – 2015. – Т. 9, № 1. – С. 2–13. doi: 10.12737/10409
30. Doroshov D. V. Performing a Cure for Schizophrenia: Insulin Coma Therapy on the Wards / D. V. Doroshov // Journal of the History of Medicine. – 2006. – Vol. 30. – P. 1–31. doi: 10.1093/jhmas/jrl044
31. Шестакова С. А. Оксидантный статус ткани головного мозга крыс при острой инсулиновой гипогликемии и после её купирования / С. А. Шестакова, Л. А. Александрова, И. В. Александров // Учёные записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. – 2009. – Т. 16, № 1. – С. 25–28.
32. Максина А. Г. Влияние инсулина на развитие перекисного окисления липидов в мембранах эритроцитов при инсулинзависимом сахарном диабете / А. Г. Максина, Б. А. Дайняк, Т. В. Себко [и др.]. // Биофизика. – 1997. – Т. 42, № 3. – С. 671–674.

EFFECT OF INSULIN SHOCK ON OXIDATIVE MODIFICATION OF PROTEINS IN THE NERVOUS TISSUE OF THE BRAIN OF LABORATORY RATS

Nikolskaya V. A.¹, Cheretaev I. V.²

¹*Fevzi Yakubov Crimean Engineering and Pedagogical University, Simferopol, Russia*

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

E-mail: ladyvictoria_nikol@mail.ru

The rationale for the study of the formation of products of oxidative modification of proteins (OMP) in the nervous tissue in an experimental study of the effects of insulin shock was the literature data indicating that, oxidative destruction of proteins is one of the early indicators of tissue damage. The OMP considered as a factor in the pathogenesis of nervous tissue in many diseases. In some studies, there is information about the effect of experimental GP on oxidative processes in blood serum, red blood cells, adrenal glands and some other tissues, but the effect of this pathology on the processes of free radical oxygenation in the nervous tissue not studied.

The purpose of this article was to evaluate changes in the level of OMP in the nervous tissue of laboratory rats under the influence of insulin shock.

The experiment was performed on 32 sexually mature mongrel male rats weighing 380–400 g (age 6 months), divided into 4 groups of 8 individuals: control (intact) group, group 1-laboratory animals exposed to a single insulin shock (1 time per day, 1 day); group 2 – laboratory rats exposed to a double insulin shock (1 time per day, 2 days); group 3 – laboratory rats exposed to triple exposure to insulin shock (1 time per day, 3 days). Rats of the experimental groups insulin (3.5 Units) subcutaneously were injected. The presence of hypoglycemic coma determined by the appearance of convulsions. Animals that are intact at this time remained in their cells. Experimental animals slaughtered by decapitation on a guillotine.

The material for research was a homogenate of nervous tissue obtained by the method Of Kutlubayev M. A. and co-authors. The study of the level of OMB in nervous tissue was performed using the Dubinina E. E. method, based on the reaction of oxidized amino acid residues of protein with 2,4-dinitrophenylhydrazine (2,4 – DNFG) with the formation of anhydrous 2,4 – DNFG. Measurements of supernatant extinction at wavelengths (λ) of 356, 370, 430 and 530 nm performed using a 5400-UV spectrophotometer (Ekros-Analytica, Russia).

Statistical processing of the experiment results performed using the student's parametric t-test, since the experimental data obeyed the law of normal distribution.

It was found, that insulin shock and experimental hyperinsulinemia (HI) contributed to a decrease in free radical protein oxidation in rat nervous tissue homogenate, reducing the total level of OMP carbonyl products in all the study groups exposed to insulin shock: in the 1st group – by 37.6 % (n=8; $p \leq 0.01$), in the 2nd group – by 40.4 % (n=8; $p \leq 0.01$), in the 3rd group – by 40.8 % (n=8; $p \leq 0.01$).

Experimental HI causes significant changes in the level of OMP products in the nervous tissue of laboratory animals, which expressed in a decrease in aldehyde and

ketone derivatives of both the main and neutral characters in comparison with the indicators of the intact group.

In all three groups with experimental HI, compared with the intact group, there was a significant decrease in primary and secondary carbonyl products of OMP, which indicates that free radical oxidation processes associated with both fragmentation of protein molecules and their aggregation suppressed under conditions of insulin shock. At one- and three-time exposure to HI, primary markers of oxidative stress, formed mainly due to fragmentation of protein molecules, prevailed among the carbonyl products of OMP in the nervous tissue. The content of primary and secondary carbonyl products was almost equal when the HI applied twice, which indicates that the processes of fragmentation and aggregation of protein molecules were almost the same under these conditions.

In all three experimental groups, compared with the intact group, there was a significant decrease in carbonyl products of both neutral and basic nature due to a decrease in free radical damage to neutral and basic amino acids of protein molecules. In all the study groups, including the intact group, the level of OMP_o was significantly lower than the level of OMP_n. The most pronounced differences between the level of carbonyl products of OMP and OMP_o were observed with three-fold HI, and the least pronounced – with a single one. With increasing duration of insulin shock, the spectrum of carbonyl products of OMP shifted towards increasing the content of the main products, as the role of the main amino acids as targets for damage to protein molecules by free radicals increased.

Keywords: insulin shock, hyperinsulinemia, oxidative modification of proteins, laboratory rats, nerve tissue.

References

1. Nikolskaya V. A., Nedbaylo I. N., Influence of hyperinsulinemia on separate biochemical indicators at patients with the adrenal insufficiency, *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*, **22 (61), 4**, 106 (2009).
2. Nikolskaya V. A., Change of processes of oxidative modifications of proteins and level of molecules of average mass at patients with the adrenal insufficiency accompanied hyperinsulinemia, *Scientific Notes of Taurida V. I. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*. **23 (62), 1**, 84 (2010).
3. Nikolskaya V. A., Nedbaylo I. N., Changes of biochemical indexes of red blood cells effects in experimental hyperinsulinemia, *Scientific Notes of Taurida V. I. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry.*, **23 (62), 3**, 89 (2010).
4. Nikolskaya V. A., Memetova Z. N., Role of biochemical analysis at pathology of stomatological character in the exposure of endocrine diseases, attended with a hyperinsulinemia, *Scientific Notes of Taurida V. I. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*, **24 (63), 4**, 177 (2011).
5. Cheretaev I., Nikolskaya V., Effect of hyperinsulinemia on oxidative modification of proteins in blood serum of laboratory, *European Journal of Clinical Investigation*, **49, 1**, 120 (2019). doi: 10.1111/eci.13109
6. Nikolskaya V. A., Influence of experimental hyperinsulinemia is on the level of molecules of middle mass in the whey of blood of laboratory rats, *Scientific Notes of Taurida V. I. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*. **25, 1 (64)**, 172 (2012).
7. Nikolskaya V. A., Danilchenko U. D., Memetova Z. N., Biochemical aspects of the consideration of the role of high molecular mass in the body, *Scientific Notes of Taurida V. I. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*, **26 (65), 1**, 139 (2013).

8. Nikolskaya V. A., Memetova Z. N., Level of middle mass molecules in serum and mouth liquid in pregnant women in a state of hyperinsulinism and gestational diabetes mellitus, *Scientific Notes of Taurida V. I. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*, **26 (65), 4**, 132 (2013).
9. Nikolskaja V. A., Ljutoslav I. S., Changes in the level of the middle weight molecules in the blood serum and homogenate of the nervous tissue of laboratory animals with experimental hyperinsulinemia impact, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **3 (69), 3**, 97 (2017).
10. Cheretaev I., Nikolskaya V., Effect of stress ulcerogenesis on the processes of oxidative modification of proteins in the blood serum of laboratory rats, *European Journal of Clinical Investigation*, **49, 1**, 119 (2019).
11. Nikol'skaya V. A., Postol'nik N. A., Memetova Z. N., *Hyperinsulinemia, influence on metabolic processes in an organism, Mezhdunarodnyj naucno-issledovatel'skij zurnal*, **5 (24)**, 1, 35 (2014).
12. Makisheva R. T., Insulin and the cellular death, *Journal of New Medical Technologies, eEdition*, **9, 2**, 1 (2015).
13. Dubinina E. E., Shugalej I. V., Okislitel'naya modifikaciya belkov, *Uspekhi sovremennoj biologii*, **113, 1**, 71 (1993).
14. Dubinina E. E., *Produkty metabolizma kisloroda v funkcional'noj aktivnosti kletok (zhizn' i smert', sozidanie i razrushenie). Fiziologicheskie i kliniko-biohimicheskie aspekty*, 400 p. (S.-Pb, Izdatel'stvo «Medicinskaya pressa», 2006).
15. Lushchak V. I., Free radical protein oxidation and its relationship with functional state of the organism, *Биохимия*, **72, 8**, 995 (2007).
16. Nikolskaya V. A., Influence of oxidizing stress in vitro on the rate of molecules of the middle weight in the blood serum and erythrocyte's gemolizate in *Sus scrofa*, *Optimization and Protection of Ecosystems*, **4**, 123 (2011).
17. Nikolskaya V. A., Cheretaev I. V., The influence of oxidative stress on in vitro parameters of blood serum and erythrocytes of representatives of the Amphibia, Aves and Mammalia, *Mezhdunarodnyj naucno-issledovatel'skij zurnal*, **21 (60), 2**, 92 (2008).
18. Kapitonov V. M., Ostapchenko D. A. Oxidative Stress and Its Correction in Patients with Severe Concomitant Injury, *General resuscitation*, **6, 4**, 70 (2010).
19. Khodos M. Ya., Kazakov Ya. E., Vidrevich M. B., Brainina Kh. Z. Oxidative stress and its role in pathogenesis, *Journal of Ural Medical Academic Science*, **14, 4**, 381 (2017).
20. Vasenina E. E., Levin O. S., Oxidizing stress in patogeneza of neurodegenerate diseases: possibilities of therapy, *Sovremennaya terapiya v psixiatrii i neurologii*, **3-4**, 39 (2013).
21. Zalessky V. N., Velikaya N. V., Omelchuk S. T. Nanoparticles and neurotoxicity: molecular and cellular mechanisms of neuroinflammation, oxidative stress associated with neurodegenerative diseases and their to prevent of nutrients, *Suchasny problemy toksikologii, harchovoi ta himichnoi bezpeky*, **1-2**, 28 (2014).
22. Martusevich A. K., Karuzin K. A., Oksidativnyj stress i ego rol' v formirovanii dizadaptacii i patologii, *Bioradikal'y i antioksidanty*, **2, 2**, 5 (2015).
23. Baranova O. A., Chekanov A. V., Karneev A. N., Mironova O. P., Myachin I. V., Panasenko O. M., Solovyova E. Yu., Fedin A. I., A search for new markers of oxidative stress in brain ischemia for the optimization of treatment approaches, *Zh. Nevrol. Psixiatr. Im. S.S. Korsakova*, **111, 12**, 25 (2011).
24. Dubinina E. E., Schedrina L. V., Neznanov N. G., Zalutskaya N. M., Zakharchenko D. V., Oxidative stress and its effect on cells functional activity of Alzheimer's disease, *Biomedicinskaya himiya*, **61, 1**, 57 (2015).
25. Sidorov A. V., Reactive oxygen species and regulation of neuronal activity, *News of biomedical sciences*, **4, 4**, 224 (2011).
26. Kutlubaev M. A., Farkhutdinov R. R., Akhmadeeva L. R., Mufazalov A. F., Free Radical Oxidation in Rat Brain during Chronic Stress and Pharmacological Regulation of This Process, *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, **140, 4**, 416 (2005).
27. Dubinina E. E., Burmistrov S. O., Khodov D. A., Porotov I. G., Oxidation modification of blood serum proteins: a method for its estimation, *Voprosy medicinskoj himii*, **41, 1**, 24 (1995).
28. Fomina M. A., Abaleniuhina Yu. V., *Sposob kompleksnoj ocenki sodержaniya produktov okislitel'noj modifikacii belkov v tkanyah i biologicheskikh zhidkostyah: metodicheskie rekomendacii*, 60 p. (Ryazan', RIO RyazGMU, 2014).

29. Makisheva R.T., Subbotina T.I., Bantish B.B., Konstantinova D.A., Morphological changes in the brain of wistar rats after insulin injection, *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. Elektronnyj zhurnal*, **9, 1**, 2 (2015).
30. Doroshow D.B., Performing a Cure for Schizophrenia: Insulin Coma Therapy on the Wards, *Journal of the History of Medicine*, **30**, 1 (2006).
31. Shestakova S.A., Alexandrova L.A., Alexandrov I.V., Oxidative status of rat brain tissues at insulin-induced acute hypoglycemia and after its reduction, *Uchyonye zapiski SPbGMU im. akad. I.P. Pavlova*, **16, 1**, 25 (2009).
32. Maksina A.C., Dainyak B.A., Sebko T.V., Knyasev Yu.A., Influence of insulin on the lipid peroxidation in the human erythrocyte membranes by insulin dependent diabetes mellitus, *Biofizika*, **42, 3**, 671 (1997).

УДК 58.07,57.047

**ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКОГО СТРЕССА НА СОДЕРЖАНИЕ
ПРОТОБЕРБЕРИНОВЫХ АЛКАЛОИДОВ В СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЕ
КЛЕТОК *THALICTRUM MINUS* L.**

Осинова Е. А.

*Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева Российской академии наук, Москва,
Россия
E-mail: eleang@mail.ru*

Изучали влияние биотического стресса на биосинтез протобербериновых алкалоидов в суспензионной культуре клеток *Thalictrum minus* L.. Элиситорами служили мицелиальные грибы *Aspergillus niger* и неидентифицированный гриб, выделенный после контаминации питательной среды. Проводили заражение живым мицелием на 0 и 10 сутки культивирования суспензионной культуры. Выявлена чувствительность культуры клеток растения к заражению *Aspergillus niger* только на 10 сутки культивирования. Реакция на стресс была выявлена через 2 часа после воздействия и усиливалась до 24 часов. Содержание протобербериновых алкалоидов за это время было повышено в 3 раза.

Ключевые слова: *Thalictrum minus*, культура клеток, протобербериновые алкалоиды, элиситация.

ВВЕДЕНИЕ

Василистник малый (*Thalictrum minus* L.) – лекарственное растение семейства лютиковых (*Ranunculaceae*). Широко распространено на территории России и в других странах средней полосы. Листья и корни растения применяются в тибетской медицине при отеках, водянке, женских болезнях. Трава василистника малого входит в состав сбора Здренко [1]. В василистнике малом найдены алкалоиды 1,2–1,3 %, среди которых значительная часть принадлежит берберину 1,1–1,2 % [2]. Берберин проявляет антимикробные свойства при лечении лейшманиоза, амёбной дизентерии, трихомоноза, малярии, холеры [3]. Изучены его желчегонные [4] и противоопухолевые [5, 6] свойства. Берберин проявляет антиоксидантную активность [6], рассматривается в качестве антидепрессанта [7]. Исследуется перспективность применения берберина для снижения уровня холестерина в крови [8, 9], болезни Альцгеймера [10, 11]. В культуре клеток растения василистника малого берберин может достигать 0,67 % от сухой массы клеток [12, 2]. Это ниже, чем в интактном растении. Однако это свойство неорганизованных пролиферирующих клеток растения, в которых содержание искомого вещества бывает, примерно, ниже на порядок, чем в органах целого растения [13]. Для повышения содержания вторичных веществ в культуре клеток применяют разные подходы. Изучают влияние регуляторов роста. Для повышения содержания берберина в культуре клеток василистника малого эффективным было воздействие цитокинином (6-бензиламинопурином) [14], который активировал ключевые

ферменты биосинтеза берберина норкоклаурин-6-О-метилтрансферазу и тетрагидропротобербериноксидазу [15, 16]. Возможно получение более продуктивных клеточных линий методами клеточной селекции на основании вариабельности клеточных популяций как по росту, так и по содержанию алкалоидов. Этим методом были получены более продуктивные клеточные линии василистника малого [17]. Применяются методы генетической трансформации. Для изменения уровня цитокининов, проводили агробактериальную трансформацию геном *ipt* (изопентенилтрансферазы), фермента биосинтеза цитокининов. Результаты таких экспериментов неоднозначны. Повышение артемизина на 30–70 % наблюдали в полученных регенерантах *Artemisia annua* L. [18]. В листьях регенерантов *asakura-sanshoo* изменялся состав эфирного масла: содержание оксигенированных сесквитерпеноидных соединений было выше, а ароматических соединений – ниже [19]. При оценке содержания вторичных веществ на уровне культуры клеток, оказалось, что оно бывает разным. Например, в *ipt*-трансгенных каллусных линиях *Catharantus roseus* содержание алкалоидов было ниже, чем в контрольном штамме [20]. В суспензионной культуре *Glycyrrhiza inflata* содержание флавоноидов не отличалось от контроля [21]. Повышение протоберберинового алкалоидов происходило в двух *ipt*-клеточных линиях василистника малого, полученных только от одного из двух исходных штаммов после агробактериальной трансформации [22]. Эффективным способом повышения вторичных соединений отмечено воздействие элиситорами. К ним относят несвойственные для растений молекулы, связанные с патогенами, другими вредителями (биотический стресс). Элиситоры вызывают усиление метаболизма и повышение биосинтеза веществ, приводящих к стресс-устойчивости [23]. В ответ на элиситоры показано повышение содержания вторичных соединений в культуре клеток лекарственных растений [24–27]. Влияние биотического стресса на культуру клеток василистника малого под воздействием мицелиальных грибов в литературе нет.

Цель наших исследований состояла в оценке содержания протоберберинового алкалоидов в суспензионной культуре клеток *Thalictrum minus* L. в ответ на заражение мицелиальными грибами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служила суспензионная культура клеток *Thalictrum minus* L., штамм 233, полученный методом клеточной селекции [17] после продолжительного культивирования. Культуру клеток выращивали на модифицированной среде Мурасиге и Скуга [28]. В среду добавляли витамины по прописи Стаба [29] 10 мл/л, 2,4-Д 0,01 мг/л, сахарозы 5 %. Выращивали в темноте, на качалке при 100 об/мин в колбах объемом 250 мл с заполнением средой 60 мл. Соотношение среды и инокулюма: 60 мл среды и 9 мл суспензии. Цикл субкультивирования 17 дней. Содержание протоберберинового алкалоидов определяли в культуральной жидкости. Отстаивали суспензию в пробирке объемом 10 мл, сливали верхнюю фракцию и центрифугировали ее при 8000 об/мин, 15 мин на центрифуге Опн (Россия). Спектрофотометрическое определение протоберберинового алкалоидов проводили на спектрофотометре UNICO (USA) при

длине волны 427 нм [30]. Для заражения использовали мицелиальный гриб *Aspergillus niger* и неидентифицированный мицелиальный гриб, выделенный после контаминации. Культуру клеток мицелиальных грибов поддерживали на среде, предназначенной для культуры клеток *Thalictrum minus* L. С агаром 1,5 % в пробирках при температуре 4 °С. В суспензионную культуру клеток растения вносили мицелий на кончике бактериальной петли в момент заражения. Для каждого варианта проводили три биологические повторности. Статистическую обработку проводили по стандартным методам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рост суспензионной культуры клеток *Thalictrum minus* L., штамма 233, при данных условиях культивирования, продолжительностью 3 недели. Масса клеток к этому времени достигает $17,6 \pm 0,9$ г/л, содержание протобербербиновых алкалоидов в культуральной жидкости $19,7 \pm 0,1$ мг/л. Это составляет $90,7 \pm 0,5$ % всех протобербербиновых алкалоидов, остальная часть содержится в клетках. Проводили заражение суспензионной культуры мицелиальными грибами в разные сроки ростового цикла, в 0 точке (после переноса суспензии клеток растения на свежую среду) и на 10 сутки (середина ростового цикла).

Таблица 1

Содержание протобербербиновых алкалоидов в суспензионной культуре клеток *Thalictrum minus* L. после заражения мицелиальными грибами на 0 сутки культивирования, мг/л среды в культуральной жидкости

Вариант	контроль	<i>Aspergillus niger</i>	Неидентифицированный гриб
Время после заражения, сутки			
1	$6,3 \pm 0,8$	$4,5 \pm 2,0$	$5,9 \pm 1,5$
2	$19,6 \pm 3,6$	$6,4 \pm 0,5^*$	$7,9 \pm 2,3^*$
3	$8,3 \pm 0,4$	$4,7 \pm 1,1^*$	$15,1 \pm 2,4^*$
17	$16,1 \pm 1,1$	$32,8 \pm 8,0$	$23,5 \pm 9,3$

Примечание: Контроль – вариант без заражения. *Разница достоверна ($P < 0,05$)

Реакцию на заражение мицелиальными грибами на 0 сутки культивирования суспензионной культуры *Thalictrum minus* L. наблюдали только на вторые и третьи сутки. В случае заражения *Aspergillus niger* это было снижение содержания алкалоидов в 1,8–3,1 раза. В случае неизвестного гриба снижение, в 2,5 раза, наблюдали на вторые сутки после заражения, а на третьи, наоборот, повышение в 1,9 раза.

Таблица 2
Содержание протобербербиновых алкалоидов в суспензионной культуре клеток
Thalictrum minus L. после заражения мицелиальными грибами на 10 сутки
 культивирования, мг/л среды в культуральной жидкости

Вариант	контроль	<i>Aspergillus niger</i>	Неидентифицированный гриб
Время после заражения, сутки			
1	15.6±1,5	48.7±0,5*	11,8±1.8
2	9,1±1,4	7,4±1,6	13,1±7,4
3	14,1±2.8	8,1±2,1	11,9±1.8
7	19,9±0,6	7,2±0,9*	11,7±1.6

Примечание: Контроль – вариант без заражения. *Разница достоверна ($P < 0.05$)

Реакции на заражение неидентифицированным мицелиальным грибом на 10 сутки культивирования суспензионной культуры *Thalictrum minus* L. не было. В случае заражения *Aspergillus niger* в первые сутки после заражения наблюдали превышение содержания алкалоидов в 3,1 раза по сравнению с контролем. Ко вторым суткам содержание алкалоидов резко снизилось в 6,6 раза и соответствовало контрольному уровню. На протяжении последующих суток (до семи после заражения и к 17 дню ростового цикла) содержание алкалоидов не менялось. По отношению к контролю на седьмой день после заражения и к 17 дню ростового цикла снижение алкалоидов было в 2,8 раз.

Таблица 3
Содержание протобербербиновых алкалоидов в суспензионной культуре клеток
Thalictrum minus L. после заражения *Aspergillus niger* на 10 сутки
 культивирования в течение первых суток после заражения, мг/л среды в
 культуральной жидкости

Вариант	контроль	<i>Aspergillus niger</i>
Время после заражения, час		
2	5,1±0,9	10,1±0,8*
24	12,3±0,7	37,2±0,2*

Примечание: Контроль – вариант без заражения. *Разница достоверна ($P < 0.05$)

Реакция на заражение *Aspergillus niger* в течение первых суток (2 часа и 24 часа) сопровождалась повышением содержания протобербербиновых алкалоидов в 2,0 и 3,0 раза, соответственно. В результате проведенных экспериментов можно было отметить, что суспензионная культура клеток была чувствительна к заражению мицелиальными грибами (биотический стресс). Это выразалось повышением

содержания протобербериновых алкалоидов в среде. Наиболее классически реакция представлена при заражении *Aspergillus niger*. Быстрая реакция в первые часы, что соответствует индуктивной фазе стресса, и следующая за ней фаза стресс-адаптации, сопровождающаяся снижением содержания алкалоидов в среде. К настоящему времени установлено, что элиситоры способствуют синтезу и накоплению вторичных метаболитов – продуктов защитной реакции. Элиситоры служат первичным сигналом и приводят в действие процессы индукции и регуляции неспецифического фитоиммунитета. Выраженным элиситорным действием грибов обладают глюканы и хитозаны из клеточных стенок грибов. Элиситоры связываются с рецепторами плазмалеммы. В передаче сигнала играют роль белки и небольшие молекулы салициловая, жасминовая кислоты, перекиси водорода, окиси азота. Эти молекулы функционально служат посредниками между рецепторами и клеточным ответом, который проявляется в перестройке метаболических процессов, повышают иммунитет растений [23]. К настоящему времени известны примеры интенсификации вторичных метаболитов с помощью элиситоров в культуре клеток растения [24–27]. Суспензионная культура *Thalictrum minus* L. была чувствительна к заражению мицелиальными грибами. Реакция на заражение проявлялась в первые часы и продолжалась на протяжении суток. Однако, значение имело в какой фазе ростового цикла культуры клеток происходило заражение. Эффективными были 10 сутки ростового цикла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суспензионная культура *Thalictrum minus* L. чувствительна к биотическому стрессу (элиситации). Выявлены индуктивная фаза стресса, отмеченная через 2 часа после заражения, с продолжительностью до 24 часов, и последующей за ней фазы стресс-адаптации. Однако для выявления стресс реакции, следует учитывать возраст культуры клеток, в который будет проводиться заражение. Для суспензионной культуры клеток *Thalictrum minus* L. это были 10 сутки культивирования (середина ростового цикла). В результате можно получить увеличение содержания алкалоидов в 3 раза.

Список литературы

1. Гаммерман А. Ф. Лекарственные растения / Гаммерман А. Ф. Кадаев Г. Н., Яценко-Хмельевский А. А. – М.: Изд-во Высшая школа, 1990. – 544 с.
2. Сараев И. В. Химический состав василистника малого *Thalictrum minus* L. / Сараев И. В., Величко Н. А., Репях С. М. // Химия растительного сырья. – 2000. – No 1. – С. 37–39.
3. Холина А. Б. Культура клеток растений как источник проторбербериновых алкалоидов / Холина А. Б., Журавлев Ю. Н. // Растительные ресурсы. – 1996. – Вып. 1–2. – С. 134–148.
4. Максютин Н. П. Растительные лекарственные средства / Максютин Н. П., Комиссаренко Н. Ф., Прокопенко А. П., Погодина Л. И., Липкан Г. Н. – Киев.: Здоров'я, 1985. – 280 с.
5. Потопальский А. И. Барбарис и его препараты в биологии и медицине / Потопальский А. И., Петличная Л. И., Ивасивка С. В. – Киев.: Изд-во Наук. Думка, 1989. – 287 с.
6. Thirupurasundari C. J. Effect of berberine on the antioxidant status, ultrastructural modifications and protein bound carbohydrates in azoxymethane-inuced colon cancer in rat / Thirupurasundari C. J., Padmini R, Devaraj S. N. // Chemico-Biological Interactions. – 2009. – 177 – P. 190–195.

7. Kulkarni S. K. On the mechanism of antidepressant-like action of berberine chloride / Kulkarni S. K., Dhir A. // *European Journal of Pharmacology*. – 2008. – (589) – P. 163–172.
8. Kong W. Berberine is a novel cholesterol-lowering drug working through a unique mechanism distinct from statins / Kong W., Wei J., Abidi P., Lin M., Inaba S., Li C., Wang Y., Wang Z., Si S., Pan H., Wang S., Wu J., Wang Y., Li J., Jiang J. D. // *Nat. Med.* – 2004. – 10. – P. 1344–1351. .
9. Jia X. Co-administration of berberine and plant stanols synergistically reduces plasma cholesterol in rat / Jia X., Chen Y., Zidichouski J., Zhang J., Sun C., Wang Y. // *Atherosclerosis*. – 2008. – 201 – P. 101–107.
10. Jiang W. X. Therapeutic potential of berberine against neurodegenerative diseases / Jiang W. X., Li S. H., Li X. J. // *Science China*. – 2015. – Vol. 58, No. 6 – P. 564–569.
11. De Oliveria J. S. Berberine protects against memory impairment and anxiogenic-like behavior in rats submitted to sporadic Alzheimer`s-like dementia: Involment of acetylcholinesterase and cell death / De Oliveria J. S., Abdalla F. H., Ph.D, Dornelles G. L., Adefegha S. A., Palma T. V., Signor C., Bernardi J. da S., Baldissarelli J., Lenz L. S., Magni L. P., Rubin M. A., Pillat M. M., Andrade C. M., Ph.D // *Neurotoxicologie*. – 2016. – 57 – P. 241–250.
12. Ikuta A. Berberine and other protoberberine alkaloids in callus tissue of *Thalictrum minus* / Ikuta A., Itokawa H. // *Phytochem*. – 1982. – Vol. 21, No 6. – P. 1419–1421.
13. Бутенко П. Г. Клеточные технологии для получения экономически важных веществ растительного происхождения / Бутенко П. Г. // *Культура клеток растений и биотехнология*. / М.: Изд-во Наука, 1986. – С. 3–20.
14. Nakagawa K. Hormonal regulation of berberine production in cell suspension cultures of *Thalictrum minus*. / Nakagawa K., Fukui H., and Tabata M. // *Plant Cell Report* – 1986. – 5 – P. 69–71.
15. Hara M. Induction of a specific methyltransferase activity regulating berberine biosynthesis by cytokinine in *Thalictrum minus* cell culture / Hara M., Tanaka S., Tabata M. // *Phytochem*. – 1994. – Vol. 36, No 2. – P. 327–33.
16. Hara M. Separation and characterization of cytokinin-inducible (S)-tetrahydroberberine oxidases controlling berberine biosynthesis in *Thalictrum minus* cell cultures / Hara M., Morio H., Tanaka S., Tabata M. // *Phytochem*. – 1995. – Vol. 38, No. 1. – P. 89–93.
17. Осипова Е. А. Вариабельность клеточных клонов *Thalictrum minus* in vitro. / Осипова Е. А., Цыбулько Н. С., Шамина Н. С. // *Физиология растений*. – 1999. – Т. 46, No 6. – С. 908–914.
18. Sa G. Effect of ipt gene expression on the physiological and chemical characteristics of *Artemisia annua* L. / Sa G., Mi M., He-chun Y., Ben-ye L., Guo-feng L., Kang C. // *Plant Science*. – 2001. – 160 – P. 691–698.
19. Zeng X. F. Expression of IPT in Asakura-sanshoo (*Xanthoxylum piperitum* (L) DC.f. *inermis* Maki. / Zeng X. F., Zhao D. G. // *Plant Mol Biol Report*. – 2016. – 34 – P. 649–658.
20. Garnier F. Effect of cytokinin on alkaloid accumulation in periwinkle callus cultures transformed with a light-inducible ipt gene / Garnier F., Carpin S., Label P., Creche J., Rideau M., Hadmi S. // *Plant Science*. – 1996. – 120 – P. 47–55.
21. Li Y. Stable transformation of suspension-cultured *Glycyrrhiza Inflata* batalin cells with *Agrobacterium tumefaciens* / Li Y., Li S., Dong Y., Zhang Y., Fu C., Yu L. // *Z. naturforsch C*. – 2012. – 67(11-12) – P. 603–610.
22. Осипова Е. А. Агробактериальная трансформация культуры клеток василистника малого (*Thalictrum minus* L.) / Осипова Е. А. // *Известия самарского научного центра Российской Академии Наук* – 2018. – Т. 20, No 5(3). – С. 447–455.
23. Карпун Н. Н. Механизмы формирования неспецифического индуцированного иммунитета у растений при биогенном стрессе / Карпун Н. Н., Янушевская Э. Б., Михайлова Е. В. // *Сельскохозяйственная биология* – 2015. – Т. 50. N. 5. – С. 540–549.
24. Sasheva P. Methyl Jasmonate Induces Enhanced Podophyllotoxin Production in Cell Cultures of Thracian Flax (*Linum thracicum* ssp. *thracicum*) / Sasheva P., Ionkova I., Stoilova N. // *Nat Prod Commun* – 2015. – 10(7) – P. 1225–1228.
25. Manivannan A. Enhancement of Shikalkin Production in *Arnebia euchroma* Callus by a Fungal Elicitor, *Rhizoctonia solani*. / Manivannan A., Soundararajan P., Park Y. G., Jeong B. R. // *Iran J Biotechnol*. – 2015 – 13(4) – P. 10–16. doi: 10.15171/ijb.1058.
26. Arghavani P. Chemical Elicitor-Induced Modulation of Antioxidant Metabolism and Enhancement of Secondary Metabolite Accumulation in Cell Suspension Cultures of *Scrophularia kakudensis* Franch. /

- Arghavani P., Haghbeen K., Mousavi A. // *Int J Mol Sci* – 2016. – 17(3) – P. 399. doi: 10.3390/ijms17030399.
27. Mendosa D. Effect of salicylic acid and methyl jasmonate in the production of phenolic compounds in plant cell suspension cultures of *Thevetia peruviana* / Mendosa D., Cuaspud O., Arias J. P., Ruiz O., Arias M. // *Biotechnol Rep (Amst)* – 2018. – 19 – e00273. doi: 10.1016/j.btre.2018.e00273. eCollection 2018 Sep 2018 Jul 3;19:e00273. doi: 10.1016/j.btre.2018.e00273. eCollection 2018 Sep.
28. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / Murashige T. and Skoog F // *Physiol. Plant.* – 1962. – Vol. 15. – P. 473–497.
29. Staba J. E. Plant tissue culture as a technique for the phytochemistry / Staba J. E // *Resent Adv. In Phytochem* – 1969. – 2 – P. 80.
30. Цыбулько Н. С. Метод определения протобербериновых алкалоидов в культуре ткани василистника / Цыбулько Н. С., Осипова Е. А. // *Хим.-фармацевт. журн.* – 1999. – Т. 33. – С. 34–36.

INFLUENCE OF BIOTIC STRESS ON THE CONTENT OF PROTOBERBERINE ALKALOIDS IN THE SUSPENSION CULTURE OF *THALICTRUM MINUS* L. CELLS

Osipova E. A.

K. A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia
E-mail: eleang@mail.ru

We studied the effect of biotic stress on the biosynthesis of protoberberine alkaloids in a suspension culture of *Thalictrum* cells minus L. The growth of the cell culture under these cultivation conditions was continued for 3 weeks. The cell mass by this time reached $17,6 \pm 0,9$ g/l, the content of protoberberine alkaloids in the culture fluid $19,7 \pm 0,1$ mg/l. This amounted to $90,7 \pm 0,5$ % of all protoberberine alkaloids, the rest was contained in the cells. *Aspergillus niger* fungi and an unidentified fungus isolated after contamination served as elicitors. Live mycelium was infected at 0 (start of culture growth) and 10 days (mid-growth cycle) of suspension culture cultivation. The alkaloids were evaluated in the first three days after infection and by the 17th day of cell culture growth, which corresponded to the subculture cycle. After infection on day 0 of cultivation, differences from control were observed on the second and third day after infection. A decrease in the content of alkaloids by 1,8–3,1 times after infection with *Aspergillus niger* and on the second day by 2,5 times after infection with an unidentified fungus. By the third day, after infection with an unidentified fungus, on the contrary, there was an increase of 1,9 times. After infection on the 10th day of cultivation, there were no changes in alkaloids in the case of an unidentified fungus. After infection with *Aspergillus niger*, a quick reaction was noted during the first two hours and intensifying during the first day (induction phase of stress). During this time, there was an increase in the content of alkaloids in 2 and 3 times, respectively. The next phase of stress adaptation was accompanied by a decrease in the content of alkaloids to the control level (second and third days) and even lower by the 17th day of cultivation. Thus, the sensitivity of the *Thalictrum minus* cell culture to *Aspergillus niger* infection was revealed. The duration of the induction phase of the stress reaction (from two to 24 hours) and stress adaptation from two to 17 days were revealed.

The optimal age for detecting a stress reaction was 10 days of culturing a suspension culture of *Thalictrum minus* L. cells.

Keywords: *Thalictrum minus*, cell culture, protoberberine alkaloids, elicitation.

References

1. Hammerman A. F., Kadaev G. N., Yatsenko-Khmelevsky A. A. Medicinal plants, 544 p. (M.: Higher School Publishing House, 1990).
2. Saraev I. V., Velichko N. A., Repyakh S. M. The chemical composition of the small cornflower *Thalictrum minus* L., *Chemistry of plant materials*, **1**, 37 (2000).
3. Kholina A. B., Zhuravlev Yu. N. Plant cell culture as a source of protorberberine alkaloids, *Plant resources*, **1-2**, 134 (1996).
4. Maksyutina N. P., Komissarenko N. F., Prokopenko A. P., Pogodina L. I., Lipkan G. N. *Herbal medicines*, 280 p. (Kiev.: Healthy, I, 1985).
5. Potopalsky A. I., Petlichnaya L. I., Ivasivka S. V. Barberry and its preparations in biology and medicine, 287 p. (Kiev.: Publishing House of Sciences. Dumka, 1989).
6. Thirupurasundari C. J., Padmini R., Devaraj S. N. Effect of berberine on the antioxidant status, ultrastructural modifications and protein bound carbohydrates in azoxymethane-inuced colon cancer in rat, *Chemico-Biological Interactions*, **177**, 190 (2009).
7. Kulkarni S. K., Dhir A. On the mechanism of antidepressant-like action of berberine chloride, *European Journal of Pharmacology*, **589**, 163 (2008).
8. Kong W., Wei J., Abidi P., Lin M., Inaba S., Li C., Wang Y., Wang Z., Si S., Pan H., Wang S., Wu J., Wang Y., Li J., Jiang J. D. Berberine is a novel cholesterol-lowering drug working through a unique mechanism distinct from statins, *Nat. Med.*, **10**, 1344 (2004).
9. Jia X., Chen Y., Zidichouski J., Zhang J., Sun C., Wang Y. Co-administration of berberine and plant stanols synergistically reduces plasma cholesterol in rat, *Atherosclerosis*, **201**, 101 (2008).
10. Jiang W. X., Li S. H., Li X. J. Therapeutic potential of berberine against neurodegenerative diseases, *Science China*, **58**, **6**, 564 (2015).
11. De Oliveria J. S., Abdalla F. H., Ph.D, Dornelles G. L., Adefegha S. A., Palma T. V., Signor C., Bernardi J. da S., Baldissarelli J., Lenz L. S., Magni L. P., Rubin M. A., Pillat M. M., Andrade C. M., Ph.D Berberine protects against memory impairment and anxiogenic-like behavior in rats submitted to sporadic Alzheimer's-like dementia: Involment of acetylcholinesterase and cell death, *Neurotoxicology*, **57**, 241 (2016).
12. Ikuta A., Itokawa H. Berberine and other protoberberine alkaloids in callus tissue of *Thalictrum minus*, *Phytochem.*, **21**, **6**, 1419 (1982).
13. Butenko R. G. Cell technologies for obtaining economically important substances of plant origin, *Plant cell culture and biotechnology*, Z-20. (M.: Publishing House of Science, 1986).
14. Nakagawa K., Fukui H., and Tabata M. Hormonal regulation of berberine production in cell suspension cultures of *Thalictrum minus*., *Plant Cell Report*, **5**, 69 (1986).
15. Hara M., Tanaka S., Tabata M. Induction of a specific methyltransferase activity regulating berberine biosynthesis by cytokinine in *Thalictrum minus* cell culture, *Phytochem.*, **36**, **2**, 327 (1994).
16. Hara M., Morio H., Tanaka S., Tabata M. Separation and characterization of cytokinin-inducible (S)-tetrahydroberberine oxidases controlling berberine biosynthesis in *Thalictrum minus* cell cultures, *Phytochem.*, **38**, **1**, 89 (1995).
17. Osipova E. A., Tsibul'ko N. S. and Shamina Z. B. *In vitro* Variability of Cell Clones of *Thalictrum minus*, *Russian Journal of Plant Physiology.*, **46**, **6**, 908 (1999).
18. Sa G., Mi M., He-chun Y., Ben-ye L., Guo-feng L., Kang C. Effect of ipt gene expression on the physiological and chemical characteristics of *Artemisia annua* L., *Plant Science.*, **160**, 691 (2001).
19. Zeng X. F., Zhao D. G. Expression of IPT in Asakura-sanshoo (*Xanthoxylum piperitum* (L) DC.f. *inerm* Maki., *Plant Mol Biol Report.*, **34**, 649 (2016).
20. Garnier F., Carpin S., Label P., Creche J., Rideau M., Hadmi S. Effect of cytokinin on alkaloid accumulation in periwinkle callus cultures transformed with a light-inducible ipt gene, *Plant Science*, **120**, 47 (1996).

21. Li Y., Li S., Dong Y., Zhang Y., Fu C., Yu L. Stable transformation of suspension-cultured *Glycyrrhiza Inflata* batalin cells with *Agrobacterium tumefaciens*, *Z. naturforsch C.*, **67(11-12)**, 603 (2012)
22. Osipova E. A. Agrobacterial transformation of the cell culture of the small cornflower (*Thalictrum minus* L.), *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, **20, 5 (3)**, 447 (2018).
23. Karpun N. N., Yanushevskaya E. B., Mikhailova. Mechanisms of the formation of non-specific induced immunity in plants under biogenic stress, *Agricultural Biology*, **50, 5**, 540 (2015).
24. Sasheva P., Ionkova I., Stoilova N. Methyl Jasmonate Induces Enhanced Podophyllotoxin Production in Cell Cultures of Thracian Flax (*Linum thracicum* ssp. *thracicum*), *Nat Prod Commun*, **10(7)**, 1225 (2015).
25. Manivannan A., Soundararajan P., Park Y. G., Jeong B. R. Enhancement of Shikalkin Production in *Arnebia euchroma* Callus by a Fungal Elicitor, *Rhizoctonia solani.*, *Iran J Biotechnol*, **13(4)**, 10 (2015). doi: 10.15171/ijb.1058.
26. Arghavani P., Haghbeen K., Mousavi A. Chemical Elicitor-Induced Modulation of Antioxidant Metabolism and Enhancement of Secondary Metabolite Accumulation in Cell Suspension Cultures of *Scrophularia kakudensis* Franch., *Int J Mol Sci.*, **17(3)**, 399 (2016). doi: 10.3390/ijms17030399.
27. Mendosa D., Cuaspuod O., Arias J. P., Ruiz O., Arias M. Effect of salicylic acid and methyl jasmonate in the production of phenolic compounds in plant cell suspension cultures of *Thevetia peruviana*, *Biotechnol Rep (Amst)*, **19**, e00273 (2018). doi: 10.1016/j.btre.2018.e00273. eCollection 2018 Sep 2018 Jul 3;19:e00273. doi: 10.1016/j.btre.2018.e00273. eCollection 2018 Sep.
28. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures, *Physiol. Plant.*, **15**, 473 (1962).
29. Staba J. E. Plant tissue culture as a technique for the phytochemistry, *Resent Adv. In Phytochem.*, **2**, 80 (1969).
30. Tsybulko N. S., Osipova E. A. Method for the determination of protoberberine alkaloids in the tissue culture of cornflower, *Chem.-pharmacist. Journal*, **33**, 34 (1999).

УДК 57.044

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-134-149

ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ АНТИОКСИДАНТНЫХ СИСТЕМ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ НА ПОВРЕЖДЕНИЕ КЛЕТОК В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Петухов А. С., Хридохин Н. А., Петухова Г. А., Кремлева Т. А.

*ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия
E-mail: revo251@mail.ru*

Исследовано содержание продуктов перекисного окисления, каротиноидов, фенолов, флавоноидов и активности каталазы в травах г. Тюмени из зон с различной антропогенной нагрузкой. В качестве объекта исследования использовали мать-и-мачеху (*Tussilago farfara*) и клевер красный (*Trifolium rubens*), которые отбирали в условно чистом районе, а также вблизи автотрассы, моторостроительного, нефтеперерабатывающего, аккумуляторного и металлургического заводов. Содержание Cu, Mn, Fe, Pb, Zn в почвах городской среды оказалось повышенным по сравнению с условно чистым районом. Содержание продуктов перекисного окисления липидов в клетках растений оказалось снижено по сравнению с контролем. Каротиноиды оказались наиболее уязвимым элементом антиоксидантной системы. Изменение содержания фенолов и флавоноидов оказалось видоспецифичным и не односторонним. Увеличение активности каталазы по сравнению с контролем, вероятно, обеспечило снижение содержания диеновых конъюгатов и оснований Шиффа в условиях городской среды.

Ключевые слова: продукты перекисного окисления липидов, фенолы, флавоноиды, каротиноиды, каталаза, антиоксиданты, городская среда.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с возрастающим уровнем антропогенной деятельности клетки растений вынуждены испытывать постоянный стресс. Увеличение объемов промышленного производства, интенсификация сельского хозяйства, рост количества автомобильного и железнодорожного транспорта создает риск накопления токсикантов в растениях. Аккумуляция тяжелых металлов (ТМ), пестицидов и нефтепродуктов в организме может привести к ряду биохимических нарушений в клетке [1, 2].

Перекисное окисление липидов (ПОЛ) является одним из наиболее распространенных повреждений клеток в неблагоприятных условиях окружающей среды [3]. Инициаторами ПОЛ являются свободные радикалы HO_2^* , RO^* , ROO^* и повышенные концентрации активных форм кислорода (АФК) – синглетной формы кислорода, перекиси водорода супероксидного анион радикала, гидроксильного аниона и радикала [4]. Первичными продуктами ПОЛ являются диеновые конъюгаты, а конечными – основания Шиффа. Важнейшим результатом процесса ПОЛ является увеличение проницаемости клеточных мембран, что приводит к

энергетическому голоду клетки и потере мембраной барьерных функций [3, 5]. Известно, что ТМ способны ингибировать скорость транспорта электронов на мембранах митохондрий и хлоропластов, нарушать структуры биомолекул, активировать липоксигеназу и тем самым провоцировать ПОЛ [6]. ТМ переменной валентности могут выступать в качестве катализатора процесса ПОЛ [7].

Для контроля уровня АФК и процессов ПОЛ в клетках растениям необходимы антиоксиданты. Передовой линией защиты является фермент каталаза. Каталаза относится к хромопротеидам, имеющим в качестве простетической группы окисленный гем. Каталаза расщепляет перекись водорода с образованием молекул воды и кислорода [8].

Фенольные антиоксиданты являются одними из наиболее эффективных перехватчиков свободных радикалов. Антиокислительным действием обладают фенилаланин и триптофан, убихиноны, витамины Е и К, большая часть растительных и животных пигментов [9]. В растениях фенольные соединения могут содержаться в свободном состоянии или в связанной форме в виде гликозидов. Фенолы способны напрямую хелатировать ионы ТМ карбоксильными и фенольными группами. Также фенольные соединения могут связывать свободные радикалы путем донирования протонов или электронов [10].

Флавоноиды также выполняют защитные функции в растительных клетках и относятся к классу фенольных соединений. Наиболее изученными антиоксидантами из ряда флавоноидов являются кверцетин и рутин, которые способны гасить свободные радикалы за счет протонов от ортогидроксильных фенольного кольца. Известно, что активность ферментов, генерирующих АФК (циклооксигеназ, липоксигеназ и других) снижается в присутствии флавоноидов. Флавоноиды ингибируют действие ферментов. Кроме того, флавоноиды также хелатируют ионы тяжелых металлов [11].

К числу растительных антиоксидантов также относят каротиноиды [12]. Каротиноиды способны защищать от окислительного повреждения пигменты и ненасыщенные жирные кислоты, входящие в состав липидов, за счет связывания АФК, в первую очередь, синглетной формы кислорода [13].

Баланс оксидативного стресса и антиоксидантного ответа является условием выживания растений в условиях антропогенного загрязнения. В связи с этим исследование содержания продуктов ПОЛ и активности антиоксидантов является актуальной научной задачей. Отдельный интерес представляет изучение совместного действия различных антиоксидантов в ответ на воздействие стресса и выявление наиболее эффективной системы защиты, что может быть полезно как с точки зрения экологического мониторинга, так и с точки зрения изучения механизмов воздействия поллютантов на клетки.

Целью исследования стало изучение содержания продуктов ПОЛ и активности антиоксидантных систем в клетках мать-и-мачехи и клевера красного в условиях городской среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы почв и растений отобраны в конце июля 2017 в районе города Тюмени на следующих участках:

- 1) Контроль – участок на удалении 5 километров от антропогенных источников;
- 2) Автотрасса – район п. Винзили, 30 км от г. Тюмени, удаление от автотрассы не более 30 метров;
- 3) Моторостроительный завод – г. Тюмень, участок на удалении 200 метров от предприятия «Тюменские Моторостроители»;
- 4) НПЗ – г. Тюмень, участок на удалении 200 метров от предприятия Антипинского нефтеперерабатывающего завода;
- 5) Аккумуляторный завод – г. Тюмень, участок на удалении 200 метров от предприятия;
- 6) УГМК (Уральская горно-металлургическая компания) – г. Тюмень, участок на удалении 200 метров к югу от предприятия «УГМК-Сталь» вблизи автотрассы;
- 7) УГМК 2 – г. Тюмень, участок на удалении 50 метров от предприятия «УГМК-Сталь»;

На каждом участке были выбраны пять площадок, с которых срезали надземную часть растений. Для исследования выбраны мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*) и клевер красный (*Trifolium rubens*), как наиболее широко распространенные виды растений районах исследования. Анализ диеновых конъюгатов и оснований Шиффа проводился в гептановых экстрактах на длине волны 233 нм и 365 нм соответственно [14]. Исследование содержания каротиноидов проведено спектральным анализом спиртовых экстрактов на длине волны 440 нм [15]. Содержание растительных фенолов в пересчете на танин оценивали согласно фармакопейной статье путем титрования перманганатом калия водного экстракта растений по индигокармину до достижения золотисто-желтого окрашивания [16]. Определение флавоноидов, родственных рутину, проводилось проведением цветной реакции флавоноидов из спиртовых экстрактов растений с хлоридом алюминия и последующим измерением оптической плотности продукта реакции на $\lambda=410$ нм [17]. Анализ активности каталазы в растениях проводился с помощью спектрофотометрии путем проведения цветной реакции между молибдатом аммония и перекисью водорода с последующим измерением оптической плотности продуктов реакции на $\lambda=470$ нм [18].

Пробы почвы отбирали методом конверта на глубину 10 см. После этого воздушно-сухую массу почвы усредняли по методу квартования, перетирали и просеивали через сито. Анализ содержания металлов проводили с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра «ContrAA 700» (Analytic Jena, Германия) с использованием ацетатно-аммонийного буфера с pH=4,8 (определение подвижных форм металлов) и экстрактов 1М HNO₃ (определение кислоторастворимых форм) по РД 52.18.289-90 и РД 52.18.191-89 соответственно. Все измерения проводились в трех повторностях. Полученные результаты подвергнуты стандартной статистической обработке в программе Statistica 10.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В изученных пробах почв г. Тюмени выявлено загрязнение Fe на всех исследованных участках, по сравнению с контролем, а также загрязнение Pb в районе аккумуляторного завода (с превышением ПДК) (Таблица). Кроме того, выявлено превышение фоновых значений по содержанию Cu, Mn и Zn на всех изученных участках. Содержание Cd во всех исследованных пробах почвы находилось на уровне предела определения (<1 мг/кг). Доля подвижных форм тяжелых металлов в почве убывала в следующем ряду: Mn>Zn>Cu>Fe. Наиболее высокие концентрации всех тяжелых металлов в почве наблюдалось в районе аккумуляторного и металлургического заводов.

Таблица
Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в почвах г. Тюмени в 2017 году (над чертой – подвижные формы, под чертой – кислоторастворимые формы)

	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Контроль	<u>0,31±0,18</u> 0,56±0,07	<u>0,38±0,06</u> 3,77±0,07	<u>123±6,00</u> 32600±1080	<u>57,5±5,61</u> 163±8,00	<u>16,1±4,80</u> 13,3±5,14	<u>1,64±0,02</u> 9,60±3,33
Автотрасса	<u>0,40±0,08</u> 0,43±0,08	<u>0,44±0,07</u> 1,19±0,20	<u>88,4±11,1</u> 15600±1370	<u>62,1±7,73</u> 184±12,0	<u>6,12±1,87</u> 10,3±3,55	<u>1,45±0,03</u> 6,78±0,11
Мотор. завод	<u>0,17±0,10</u> 0,13±0,09	<u>0,94±0,15</u> 5,93±0,53	<u>34,5±3,20</u> 40000±1200	<u>56,1±7,70</u> 247±27,0	<u>12,8±6,78</u> 10,5±2,53	<u>3,45±0,08</u> 29,1±6,85
НПЗ	<u>0,77±0,14</u> 0,63±0,14	<u>0,77±0,12</u> 4,24±0,22	<u>39,5±8,47</u> 32000±3690	<u>52,5±5,12</u> 272±9,00	<u>9,44±4,04</u> 10,4±3,95	<u>1,73±0,12</u> 17,4±1,66
Аккумуляторный завод	<u>0,26±0,17</u> 0,29±0,04	<u>0,86±0,14</u> 13,6±1,89	<u>46,9±2,64</u> 79800±4250	<u>86,6±5,62</u> 462±18,0	<u>29,0±2,19</u> 91,1±5,40	<u>2,46±0,03</u> 48,7±7,48
УГМК	<u>0,27±0,13</u> 0,24±0,15	<u>0,84±0,14</u> 9,58±0,35	<u>38,2±6,18</u> 77000±6280	<u>56,0±2,32</u> 372±16,0	<u>13,6±5,21</u> 10,6±2,62	<u>1,38±0,01</u> 29,1±4,55
УГМК 2	<u>0,66±0,15</u> 0,66±0,12	<u>0,23±0,04</u> 9,70±0,70	<u>33,1±2,05</u> 80300±4120	<u>84,8±4,94</u> 382±77,0	<u>13,4±0,27</u> 10,5±3,72	<u>2,41±0,09</u> 35,1±5,60

Содержание продуктов ПОЛ является индикатором стресса организма в неблагоприятных условиях и биохимического повреждения клеток.

Было обнаружено, что содержание диеновых конъюгатов и оснований Шиффа в клетках клевера красного снижено до 40 % и 60 % соответственно по сравнению с контролем (рис. 1). Сходный результат был зарегистрирован и для мать-и-мачехи: содержание диеновых конъюгатов и оснований Шиффа снижено до 50 % и 70 % относительно контрольного уровня (рис. 2).

Наиболее сильное воздействие на уровень продуктов ПОЛ выявлено в районе металлургического завода УГМК (участки УГМК и УГМК 2). Близость к металлургическому заводу, выраженная на участке УГМК 2, оказывало более сильный эффект на содержание продуктов ПОЛ, по сравнению с участком УГМК.

Вероятно, это связано с большей вероятностью накопления токсикантов в растениях вблизи завода.

Степень действия поллютантов на содержание продуктов ПОЛ вблизи моторостроительного, нефтеперерабатывающего и аккумуляторного заводов оказалась примерно одинаковой и менее выраженной, по сравнению с металлургическим заводом. Близость растений к автотрассе обладала наименьшим эффектом на процесс ПОЛ. Это может быть связано с тем, что промышленные предприятия находятся вблизи автотрасс, таким образом, влияние оказывает комплекс предприятия+автотрасса, что обладает большим эффектом, чем изолированное влияние автотрассы.

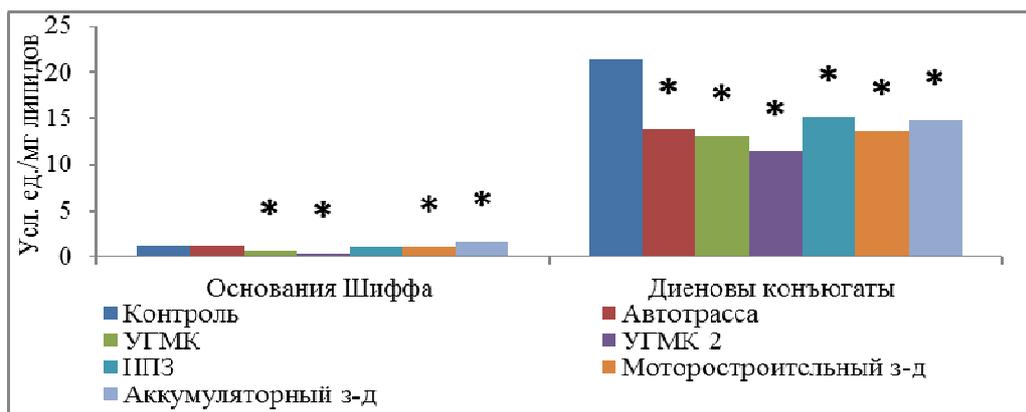


Рис. 1. Содержание продуктов ПОЛ в клевере красном из различных техногенных зон г. Тюмени

Примечание: * – статистически достоверные различия между контроле м и вариантом опыта ($P < 0,05$)

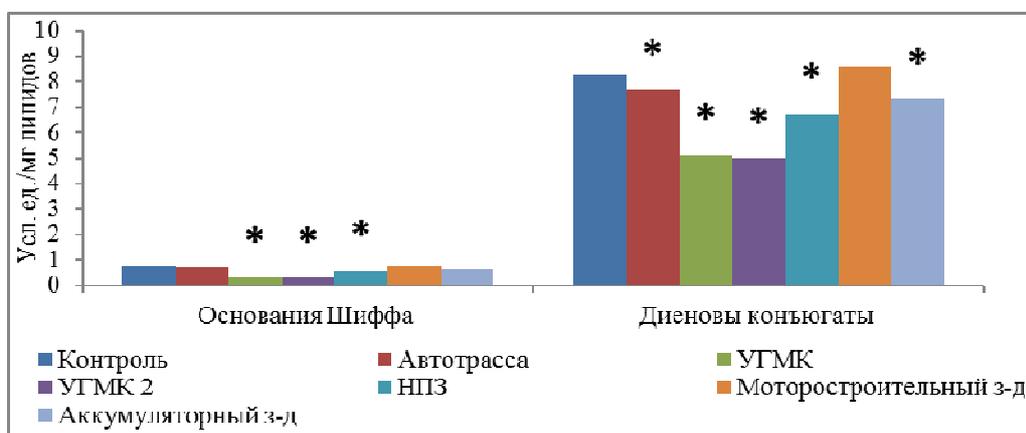


Рис. 2. Содержание продуктов ПОЛ в мать-и-мачехе из различных техногенных зон г. Тюмени

Снижение содержания продуктов ПОЛ в клетках мать-и-мачехи и клевера красного может быть обусловлено следующими причинами. По всей вероятности, антиоксидантные системы мать-и-мачехи и клевера красного успешно активизируются в условиях стресса, ликвидируют избыток активных форм кислорода и тем самым предотвращают развитие процессов ПОЛ. Растения, произрастающие в неблагоприятных условиях окружающей среды, могли выработать механизмы блокирования поступления токсикантов с помощью хелатирования их в клетках корня или в прикорневой среде. Кроме того, в антропогенно загрязненной среде вероятен отбор растений на генетическом уровне и выживание наиболее приспособленных к данным условиям. Устойчивость изучаемых растений к содержанию ТМ в окружающей среде прослеживается по отрицательным корреляциям содержания Fe и Mn в почвах с уровнем оснований Шиффа и диеновых конъюгатов ($r = -0,54 - -0,68$). Снижение содержания продуктов ПОЛ при действии стресс-факторов выявлено ранее в модельных экспериментах при действии определенных концентраций Cd на пырей ползучий (*Elytrigia repens*) [19] и томаты (*Solanum lycopersicum*) [20]. Воздействие смеси Pb, Cd и Hg на канделию (*Kandelia candel*) также привело к снижению содержания продуктов ПОЛ, при этом наблюдалось активация антиоксидантов [21].

Содержание каротиноидов в клетках растений находилось в диапазоне от 150 до 270 мг/100 г (рис. 3). Практически во всех пробах из исследуемых участков содержание каротиноидов оказалось ниже, чем в контрольном варианте на 5–40 %, причем более чувствительным оказался фотосинтетический аппарат мать-и-мачехи.

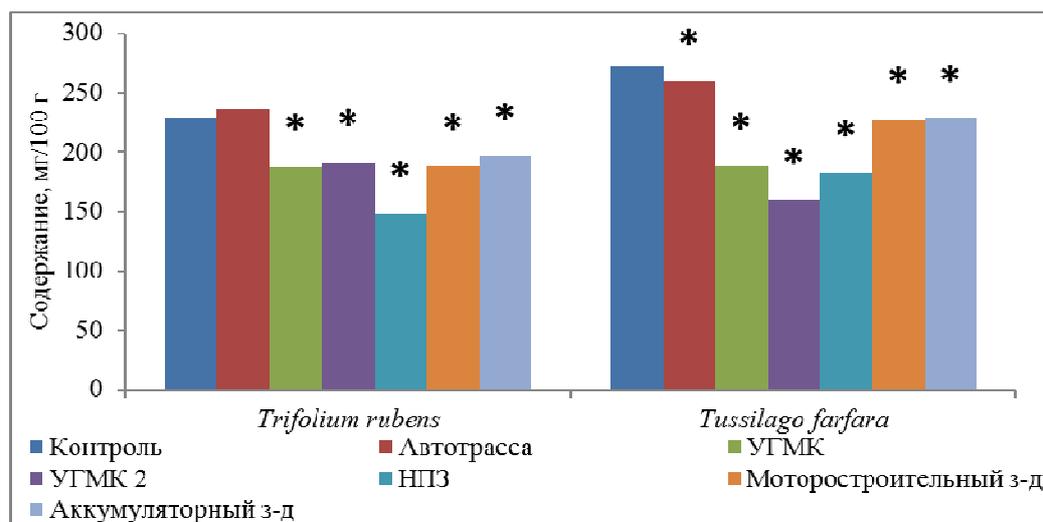


Рис. 3. Содержание каротиноидов в клетках растений из различных техногенных зон г. Тюмени.

Тяжелые металлы способны снижать содержание каротиноидов в растениях путем нарушения их синтеза, в связи с ингибированием активности ферментов

биосинтеза в присутствии ТМ. Кроме того, известно, что функционирование мембран хлоропластов и работа белков фотосистемы II ингибируется в условиях аккумуляции тяжелых металлов [12]. Снижение содержания каротиноидов наблюдалось при обработке ростков пшеницы (*Triticum aestivum*) Zn и Cr в модельных условиях [22], а также при анализе лебеды садовой (*Artiplex hortensis*), выросшей в загрязненной ТМ почве [23]. В нашем исследовании была зафиксирована отрицательная корреляция между содержанием Fe и Mn в почве и концентрацией каротиноидов в клетках ($r=-0,61$; $-0,60$).

Содержание каротиноидов в клетках клевера и мать-и-мачехи снижалось в наибольшей степени в районе нефтеперерабатывающего и металлургического предприятий, что указывает на пагубное влияние накопления нефтепродуктов и ТМ на содержание пигментов фотосинтеза. В то же время близость растений к автодороге практически не сказалась на содержании каротиноидов.

Ответная реакция фенольных антиоксидантов (в пересчете на танин) и флавоноидов, родственных рутину, в растениях, произрастающих в антропогенной среде, оказалась видоспецифичной (рис. 4).

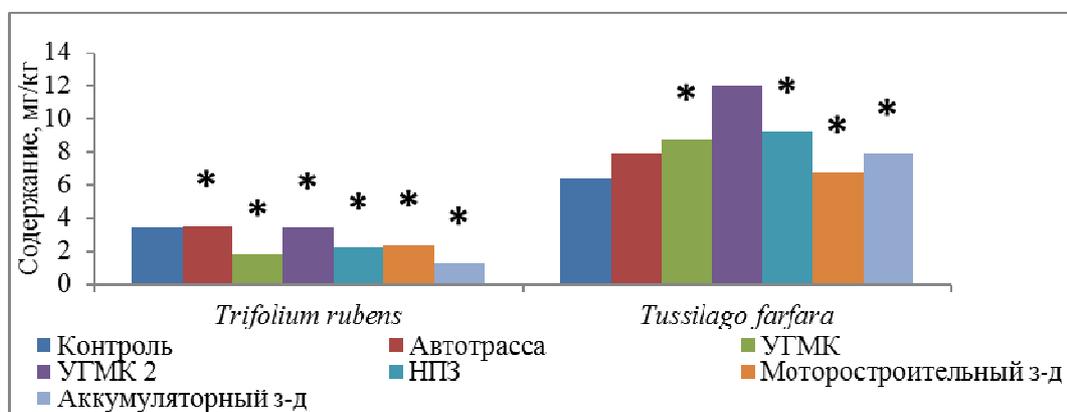


Рис. 4. Содержание фенольных антиоксидантов в растениях из различных техногенных зон г. Тюмени.

Концентрация флавоноидов в клетках мать-и-мачехи было повышено практически на всех исследуемых участках до 50 % по сравнению с контрольным уровнем (рис. 5). Поступление в ткани растений токсикантов, способных вызывать окислительный стресс, вероятно, вызывает необходимость у растений синтезировать флавоноиды. Антиокислительная роль флавоноидов состоит в том, что они способны гасить супероксидный анион-радикал, ингибировать активность ферментов, генерирующих активные формы кислорода (циклооксигеназ, липоксигеназ и других) [7, 9]. Флавоноиды способны создавать стерические трудности для процессов окисления мембран с участием тяжелых металлов за счет сорбции на клеточных мембранах [24]. Кроме того, флавоноиды участвуют в различных физиологических процессах: фотосинтеза, роста, дыхания, которые

также подавляются в неблагоприятных условиях среды, что создает необходимость в синтезе флавоноидов. Рост содержания флавоноидов в клетках может быть обусловлен гидролизом их гликозидной формы в связи с неблагоприятными условиями среды [9]. Накопление флавоноидов в ответ на стрессовое воздействие среды является неспецифической реакцией растений и может быть использовано как часть комплексного биохимического мониторинга экологического неблагополучия.

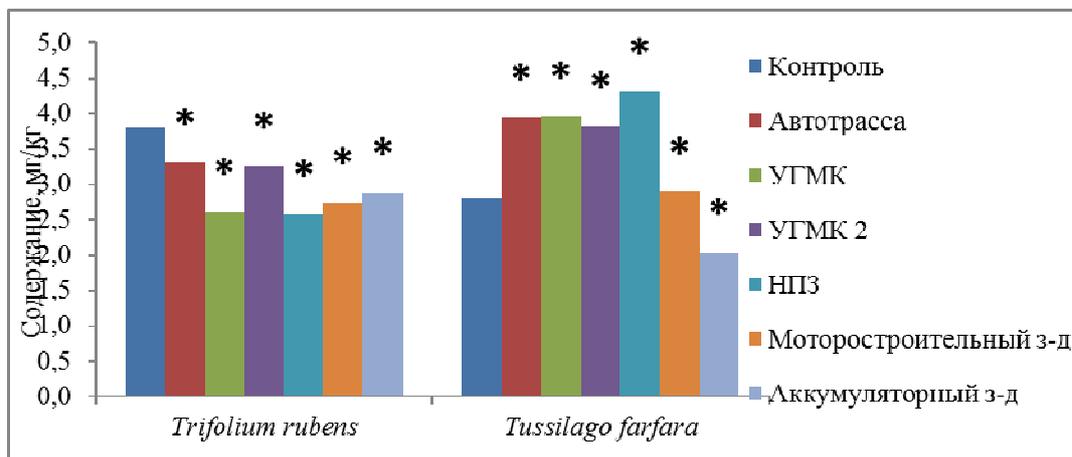


Рис. 5. Содержание флавоноидов в растениях из различных техногенных зон г. Тюмени.

Содержание фенолов в клетках мать-и-мачехи на всех исследуемых участках было повышено по сравнению с контролем как минимум на 7 % (Моторостроители) и до 87 % (УГМК 2) (рис. 4). Это может быть обусловлено синтезом этих антиоксидантов для блокирования ПОЛ за счет связывания свободных радикалов.

Необходимо заметить, что устойчивость мать-и-мачехи на биохимическом уровне можно проследить по отрицательной корреляции фенолов с продуктами перекисного окисления липидов ($r=-0,73$). Ранее показано, что между содержанием Fe и фенолов в мать-и-мачехе есть положительная корреляция ($r=0,84$) [26]. Таким образом, можно проследить некую логическую цепочку: стресс от накопления Fe вынуждает мать-и-мачеху синтезировать фенольные соединения, которые останавливают процесс перекисного окисления, обуславливают понижение содержания оснований Шиффа и диеновых конъюгатов в клетках и обеспечивают устойчивость мать-и-мачехе в условиях антропогенного загрязнения в городской среде.

Антиокислительная функция флавоноидов в проведенном эксперименте прослежена по отрицательной корреляции этих соединений с содержанием оснований Шиффа в клетках мать-и-мачехи ($r=-0,66$).

Концентрация флавоноидов в клетках клевера красного на всех изученных участках оказалось ниже, чем в контроле на 13–30 % (рис. 5). Тяжелые металлы

(Cu²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺ и другие) способны связываться в хелатные соединения с фенолами и флавоноидами по карбоксильным, гидроксильным и карбонильным групп [9, 11]. Это приводит к уменьшению детектируемой концентрации свободных фенолов и флавоноидов [27]. Анализ корреляционных зависимостей выявил отрицательную взаимосвязь между содержанием Cu, Mn и Zn в почве с содержанием фенольных соединений ($r=-0,66$; $-0,67$; $-0,67$), что подтверждает вышеупомянутое утверждение. ТМ способны менять свою валентность и нарушать структуру антиоксидантов, тем самым вызывая увеличение количества свободных радикалов в клетке [7]. В свою очередь, фенолы и флавоноиды способны связывать свободные радикалы путем донирования протона или электрона и тем самым блокировать окислительные процессы. В ходе этой реакции они превращаются в феноксид-анионы или феноксильные радикалы, что может понижать их детектируемое содержание. Пероксидазы способны использовать фенолы как субстрат для окисления [24]. В случае активации ферментной антиоксидантной системы для ликвидации перекиси водорода в клетке возможно ожидать понижение содержание фенольных антиоксидантов за счет их окисления. Однако с другой стороны нельзя исключать то, фенолы и флавоноиды стать мишенями для активных форм кислорода и окисляться до хинонов, что также приводит к снижению их регистрируемой концентрации. Кроме того, ферменты биосинтеза (синтетазы, редуктазы), ответственные за синтез фенольных антиоксидантов, могут подвергаться повреждению структуры активными формами кислорода или тяжелыми металлами из-за наличия в своем составе $-SH$, $-NH_2$, $-OH$, $-COOH$ функциональных групп. Ранее в другом исследовании было выявлено снижение уровня флавоноидов в горце птичьем в условиях городской среды до 2 раз, по сравнению с заповедной зоной, что можно считать ответной реакцией растений на неблагоприятные условия [28].

Картина по изменению активности каталазы в мать-и-мачехе и красном клевере оказалась неоднозначная. Так, активность каталазы в клетках мать-и-мачехи повышена почти в 2,5 раза в районе автотрассы (рис. 6), а в клетках клевера красного осталась без изменений по сравнению с контролем (рис. 6). Аналогичный результат получен и на участке УГМК 2: для мать-и-мачехи активность каталазы была повышена в 2,5 раза, а для клевера красного понижена на 40 %.

С другой стороны, была зарегистрирована резкая активация каталазы в клетках клевера красного на участке НПЗ (рис. 6), в то время как, в клетках мать-и-мачехи активность каталазы осталась без изменений. Резкое повышение активности каталазы в клетках клевера красного также выявлено на участке УГМК, а для мать-и-мачехи этого выявлено не было. Кроме того, активность каталазы была повышена в клетках клевера красного в районе аккумуляторного завода, что не было отмечено для мать-и-мачехи. Неоднозначное воздействие поллютантов на активность каталазы ранее было выявлено при внесении свинца [29] на примере *Lupinus Luteus*: активность каталазы в зеленой части увеличивалась, а в корнях снижалась.

Различная устойчивость растений, включающая в себя различную антиоксидантную активность, различные механизмы генетического регулирования в условиях стресса, особенности биосинтеза ферментов, может быть причиной

видоспецифической реакция растений на загрязнение городской среды. Все вышеописанные особенности генетики и биохимии растений могут обуславливать повышение активации каталазы или ингибирование ее активности на одном и том же участке у различных видов растений. По всей видимости, из-за различной устойчивости растений, один и тот же уровень загрязнения окружающей среды вблизи одного и того же предприятия может оказывать различный эффект на активность каталазы. В ранее проведенном исследовании было обнаружено, что обработка растений растворами, содержащими Pb^{2+} , Cd^{2+} и Hg^{2+} приводило к увеличению активности каталазы в *Kandelia candel*, хотя эта же обработка практически не сказывалась на активности каталазы в *Bruguiera gymnorhiza* [21]. Видоспецифичность изменения активности каталазы также была зарегистрирована в исследовании на лебедь садовой (*Artiplex hortensis*): в лебедь садовой красной загрязнение почвы Ni, Pb, Cu и Zn не сказывалось на активности каталазы, в то время как активность каталазы в лебедь садовой зеленой была повышена [30]. Загрязнение почвы Cd приводило к росту активности каталазы в клетках корня *Eletrigia repens* более, чем в 2 раза, хотя активность фермента в листьях была на контрольном уровне [19].

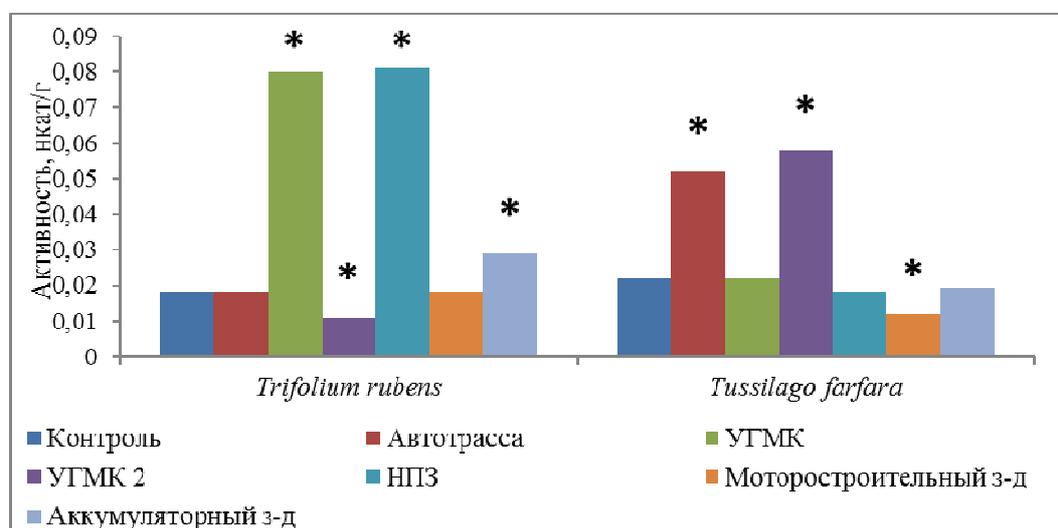


Рис. 6. Активность каталазы в растениях из различных техногенных зон г. Тюмени.

Необходимость утилизации образующейся в результате стресса перекиси водорода может включать защитные механизмы в клетке, которые повышают активность каталазы. Ранее в исследовании [31] было выявлено, что обработка пшеницы неочищенными сточными водами с высоким содержанием ТМ повышает активность каталазы на 30%. Обработка *Zea mays* раствором хлорида кадмия приводило к увеличению активности каталазы, причем наблюдался выраженный концентрационный эффект, что выявляет роль каталазы в утилизации

биохимических нарушений, вызванных аккумуляцией кадмия [5]. Аналогичные результаты были получены при обработке *Brassica napus* нитратом свинца [32], а также у *Jatropha curcas* при действии Pb, Cd и Cr [33]. Рост активности каталазы вблизи металлургического завода может быть обусловлен поступлением в клетку Fe, входящего в состав гема, необходимого для работы каталазы. Ранее нами была показана активация каталазы в клетках овса при модельном загрязнении органогенной почвы Fe и Mn [34]. Повышение активности каталазы может быть связано с изменением ее компонентного состава за счет уменьшения содержания связанных форм и увеличения доли свободной формы фермента [35].

Нарушение пути биосинтеза каталазы, а также повреждение структуры фермента за счет связывания с -SH, -NH₂, -COOH группами аминокислот может обуславливать снижение активности каталазы. Кроме того, возможно опосредованное повреждение структуры фермента тяжелыми металлами и другими поллютантами, способными вызывать перекисное окисление липидов. Образующиеся активные формы кислорода (пероксид водорода, супероксид анион, гидроксил радикал, синглетная форма кислорода, а также свободные радикалы), которые могут окислять углеводородные радикалы аминокислот в составе аминокислот фермента до гидроперекисей, малонового диальдегида и оснований Шиффа. В литературе сообщалось о негативном влиянии кадмия на активность каталазы в проростках пшеницы, что также сопровождалось увеличением концентрации продуктов ПОЛ [36]. Снижение активности каталазы в ответ на загрязнении среды кадмием в клетках кресс-салата также выявлено в исследовании [37].

Выявить среди исследуемых участков те, влияние загрязнения от которых, оказалось затруднительно из-за видоспецифической ответной реакцией. Однако в целом, в первую очередь стоит отметить металлургический завод. Данный эффект может быть связан с аккумуляцией Fe в клетках растений, что непосредственно сказывается на активности каталазы за счет включения в состав порфирионвыз комплексов, а также за счет возможного развития процессов ПОЛ.

Как отмечено выше, содержание продуктов ПОЛ снижено как в клетках мать-и-мачехи, так и в клетках клевера красного. Однако ответная реакция антиоксидантной системы оказалась различной: содержание фенолов и флавоноидов в клетках мать-и-мачехи повышено, а в клетках клевера, наоборот, снижено. Содержание каротиноидов снижено, а активность каталазы повышена в большинстве проб у обоих видов. По всей видимости, роль различных антиоксидантов в адаптации к окислительному стрессу является видоспецифичной. Однако можно предположить, что в исследованных условиях наибольшее значение имеет каталаза, активация которой в обоих видах растений, возможно, привела к снижению концентрации продуктов ПОЛ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлено повышенное содержание ТМ (Cu, Mn, Fe, Pb, Zn) в почвах городской среды по сравнению с фоновым участком, при этом наиболее высокое

- содержание металлов было зарегистрировано вблизи металлургического и аккумуляторного заводов.
2. Обнаружено, что содержание продуктов ПОЛ в клетках мать-и-мачехи и клевера красного вблизи промышленных предприятий снижено, по сравнению с контрольным участком. Выявлена отрицательная корреляция содержания фенолов и флавоноидов в мать-и-мачехе с уровнем продуктов ПОЛ.
 3. Показано, что содержание каротонидов в растениях из городской среды оказалось сниженным, по сравнению с фоновым участком. Изменение содержания фенолов и флавоноидов было видоспецифичным. В ряде случаев было зарегистрировано увеличение активности каталазы в клетках растений.
 4. Установлено, что содержание каротиноидов и фенолов в растениях отрицательно коррелировало с содержанием ТМ в почвах.

Список литературы

1. Rai P. Heavy metals in food crops: health risks, fate, mechanisms and management / P. Rai, S. Lee, M. Zhang [et al.] // *Environment International*. – 2019. – Vol. 125. – P. 365–385.
2. Титов А. Ф. Тяжелые металлы и растения / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, В. В. Таланова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.
3. Чеснокова Н. П. Механизмы структурной и функциональной дезорганизации биосистем под влиянием свободных радикалов / Н. П. Чеснокова, Е. В. Понукалина, М. Н. Бизенкова // *Фундаментальные исследования*. – 2007. – № 4. – С. 110–121.
4. Emamverdian A. Review article heavy metals and some mechanisms of plant defense response / A. Emamverdian, Y. Ding, F. Mokhberdorran // *The Scientific World Journal*. – 2015. – № 4. – P. 1–18.
5. Anjum N. A. Lipids and proteins – major targets of oxidative modifications in abiotic stressed plants / N. A. Anjum, A. Sofo, A. Scopa [et al.] // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2015. – № 22. – P. 4099–4121.
6. Скугорева С. Г. Химические основы токсического действия тяжелых металлов (обзор) / С. Г. Скугорева, Т. Я. Ашихмина, А. И. Фокина [и др.] // *Теоретическая и прикладная экология*. – 2016. – № 1. – С. 1–10.
7. Skorzynska-Polit E. Lipid peroxidation on plant cells, its physiological role and changes under heavy metal stress / E. Skorzynska-Polit // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. – 2007. – № 74. – P. 49–54.
8. Gratao P. L. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier / P. L. Gratao, A. Polle, P. J. Lea [et al.] // *Functional Plant Biology*. – 2005. – № 32. – P. 481–494.
9. Michalak A. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress / A. Michalak // *Polish journal of environmental studies*. – 2006. – № 15. – P. 523–530.
10. Карпова Е. А. Состав и содержание фенольных соединений представителей рода *Spiraea* L. в условиях техногенного загрязнения г. Новосибирска / Е. А. Карпова, Е. П. Храмова // *Сибирский экологический журнал*. – 2014. – № 2. – С. 283–293.
11. Mierziak J. Flavonoids as important molecules of plant interaction with the environment / J. Mierziak, K. Kostyn, A. Kulma // *Molecules*. – 2014. – № 19. – P. 16240–16265.
12. Aggarwal A. Metal toxicity and photosynthesis / A. Aggarwal, I. Sharma, B. N. Tripathi [et al.] // *Photosynthesis: Overviews on Recent Progress & Future Perspective*. – 2011. – P. 229–236.
13. Узбеков М. Г. Перекисное окисление липидов и антиоксидантные системы при психических заболеваниях. Сообщение IV / М. Г. Узбеков // *Социальная и клиническая психиатрия*. – 2016. – Т. 26, № 3. – С. 65–71.
14. Шведова А. А. Метод определения конечных продуктов перекисного окисления липидов в тканях – флуоресцирующих шиффовых оснований / А. А. Шведова, Н. Б. Полянский // *Исследование синтетических и природных антиоксидантов in vitro и in vivo*. – М.: Наука, 1992. – С. 72–73.
15. Шульгин И. А. Расчет содержания пигментов с помощью номограмм / И. А. Шульгин, А. А. Ничипорович // *Хлорофилл*. – Минск: Наука и техника, 1974. – С. 127–136.

16. Федорова А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
17. Третьяков Н. Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н. Н. Третьяков – М.: Колос, 1998. – 639 с.
18. Королюк М. А. определения активности каталазы / М. А. Королюк, Л. И. Иванова, Н. О. Майорова [и др.] // Лабораторное дело. – 1988. – № 1. – С. 16.
19. Казнина Н. М. Роль отдельных компонентов антиоксидантной системы в адаптации растения *Eletrigia repens (L.) Nevski* к кадмию / Н. М. Казнина, Ю. В. Батова, А. Ф. Титов [и др.] // Труды Карельского научного центра РАН. – 2016. – № 11. – С. 17–26.
20. Buyuk I. Effects of lead and cadmium elements on lipid peroxidation, catalase enzyme activity and catalase gene expression profile in tomato plants / I. Buyuk, E. Gundzer, I. Kandemir [et al.] // Journal of Agricultural Sciences. – 2016. – № 22. – P. 539–547.
21. Zhang F. Q. Effect of heavy metal stress on antioxidant enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of two mangrove plant seedlings (Kandelia candel and Bruguiera gymnorrhiza) / F. Q. Zhang, Y. S. Wang, Z. P. Lou [et al.] // Chemosphere. – 2007. – № 67. – P. 44–50.
22. Panda S. K. Heavy metals induce lipid peroxidation and affect antioxidants in wheat leaves / S. K. Panda, I. Chaudhury, M. H. Khan // Biologia Plantarum. – 2003. – Vol. 46, № 2. – P. 289–294.
23. Sai Kachout S. Effects of metal toxicity on growth and pigments contents of annual halophyte / S. Sai Kachout, A. Ben Mansoura, A. Ennajah [et al.] // International journal of environmental resources. – 2015. – № 9. – P. 613–620.
24. Blokhina O. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review / O. Blokhina, E. Virolainen, K. V. Fagerstedt // Annals of Botany – 2002 – № 91. – P. 179–194.
25. Каббата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Каббата-Пендиас, Х. Пендиас – М.: Мир, 1989. – 440 с.
26. Петухов А. С. Фенольная система защиты растений в условиях загрязнения среды г. Тюмени тяжелыми металлами / А. С. Петухов, Н. А. Хритохин, Г. А. Петухова [и др.] // Ученые записки Казанского университета. Серия Естественные науки. – 2019. – Т.161, кн. 1. – С. 93–107.
27. Lachman J. Effect of cadmium on flavonoid content in young barley (*Hordeum sativum L.*) plants / J. Lachman, J. Dudjak, D. Miholova [et al.] // Plant, Soil and Environment. – 2005. – № 11. – P. 513–516.
28. Великанова Н. А. Изучение накопления флавоноидов травой горца птичьего, собранного в разных с экологической точки зрения районах города Воронежа и его окрестностей / Н. А. Великанова, А. И. Сливкин, С. П. Гапонов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2013. – № 1. – С.181–185.
29. Кобринец Л.А. Изменение активности ферментов антиоксидантной системы у проростков люпина вызванной действием соединений свинца / Л.А. Кобринец // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – № 2. – С. 86–89.
30. Kachout S. S. Effects of heavy metals on antioxidant activities of *Artiplex hortensis* and *A. rosea* / S. S. Kachout, A. Ben Mansoura, J. C. Leclerc [et al.] // Journal of Food, Agriculture and Environment. – 2009. – № 7. – P. 938–945.
31. Мурзаева С. В. Накопление тяжелых металлов и активность антиоксидантных ферментов в пшенице при воздействии сточных вод / С. В. Мурзаева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2002. – Т.4, № 2. – С. 260–269.
32. Hosseini R. H. Effect of lead on germination, growth and activity of catalase and peroxidase enzyme in root and shoot of two cultivars of *Brassica Napus L.* / R. H. Hosseini, N. Khanlarian, M. Ghorbanli // Journal of biological sciences. – 2007. – № 7. – P. 592–598.
33. Devi Chinmayee M. A comparative study of heavy metal accumulation and antioxidant responses in *Jatropha curcas L.* / M. Devi Chinmayee, M. S. Anu, B. Mahesh [et al.] // Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology. – 2014. – Vol. 8, № 7. – P. 58–67.
34. Petukhov A. S. Response of the oat to accumulation of iron and manganese / A. S. Petukhov, N. A. Khritokhin, G. A. Petukhova [et al.] // Pollution Research. – 2017. – Vol. 36, № 1. – P. 1–7.
35. Еремченко О. З. Активность компонентов антиоксидантной защиты *Raphanus Sativus L.* при выращивании на почве, загрязненной сульфатами свинца и кадмия / О. З. Еремченко, М. Г. Кусакина, Т. Н. Голева // Вестник Пермского университета. Биология. – 2014. – № 1. – С. 10–16.

36. Колесниченко В. В. Изучение влияния высокой концентрации кадмия на функционирование антиоксидантных систем этиолированных проростков пшеницы разной длины / В. В. Колесниченко, А. В. Колесниченко // Journal of Stress Physiology and Biochemistry. – 2011. – Vol. 7, № 3. – P. 212–221.
37. Науменко О. А. Исследование механизма повреждающего действия избыточных концентраций кадмия на состояние антиоксидантных ферментов кресс-салата / О. А. Науменко, Е. В. Саблина, М. И. Кабышева [и др.] // Вестник ОГУ. – 2013. – Т.159, № 10. – С. 205–207.

HERBAGE PLANTS ANTIOXIDANT SYSTEM RESPONSE TO CELLS DAMAGE IN CONDITIONS OF URBAN ENVIRONMENT ANTHROPOGENIC POLLUTION

Petukhov A. S., Khritokhin N. A., Petukhova G. A., Kremleva T. A.

*Tyumen State University, Tyumen, Russia
E-mail: revo251@mail.ru*

In this study lipid peroxidation products, carotenoids, phenols, flavonoids and catalase activity were analyzed in herbage from various anthropogenic zones of Tyumen. Red clover (*Trifolium rubens*) and coltsfoot (*Tussilago farfara*) were collected near a highway, metallurgical plant, engine building plant, oil refinery, battery manufacturing plant as well as in relatively unpolluted site. Heavy metal concentration in soils was analyzed by atomic absorption spectrophotometry.

Cu, Mn, Fe, Pb and Zn concentration in soils from the urban area turned out to be elevated compared to the background level Exceeding maximum permitted concentration was revealed by Pb content in soil near battery manufacturing plant. The percentage of heavy metals mobile form decreased in the order: Mn>Zn>Cu>Fe. Negative correlation between heavy metal content in soils and lipid peroxidation products, carotenoids and phenols in plants was established. The concentration of lipid peroxidation products (Schiff bases and diene conjugates) in plants at industrial sites was decreased by 40–70 %. Pollutants from metallurgical plant influenced lipid peroxidation the most among all other examined sited Carotenoids concentration in plants decreased at all examined sites by 5–40 %. Carotenoids turned out to be the most vulnerable antioxidant among examined. Concentration of phenols and flavonoids both increased and decreased, depending on the examined site. Probably, this is related to chelation of phenols and flavonoids by heavy metals, but at the same time with synthesis of these antioxidants to block lipid peroxidation. Change in phenols and flavonoids level turned out to be species-specific, which is stipulated by plants different persistence to pollutants. Phenols and flavonoids concentration in plants negatively correlated with lipid peroxidation products in coltsfoot, which indicates its antioxidant role. Catalase activity depended on the examined site and plant species, its change was not unilateral. An increase in catalase activity, likely, provided reduce in diene conjugates and Schiff bases concentration.

Keywords: lipid peroxidation products; phenols; flavonoids; carotenoids; catalase; antioxidants; urban environment.

References

1. Rai P. K., Lee S. S., Zhang M., Tsang Y. F and Kim K. Heavy metals in food crops: health risks, fate, mechanisms and management, *Environment International*, **125**, 365 (2019).
2. Titov A. F., Kaznina N. M., Talanova V. V. Tjzhelye metally i rastenija, 194 (Karel'skij nauchnyj centr RAN, Petrozavodsk, 2014) (in Russ.).
3. Chesnokova N. P., Ponukalina E. V., Bizenkova M. N. Mechanisms of structural and functional disorganization of biosystems under the influence of free radicals, *Fundamental'nye issledovaniya*, **4**, 110 (2007) (in Russ.).
4. Emamverdian A., Ding Y., Mokhberdorani F. Review article heavy metals and some mechanisms of plant defense response, *The Scientific World Journal*, **4**, 1 (2015).
5. Anjum N. A., Sofo A., Scopa A., Roychoudhury A. Lipids and proteins – major targets of oxidative modifications in abiotic stressed plants, *Environmental Science and Pollution Research*, **22**, 4099 (2015).
6. Skugoreva S. G., Ashikhmina T. Ya., Fokina A. I., Lyalina E. I. Chemical grounds of toxic effect of heavy metals (review), *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, **1**, 1 (2016) (in Russ.).
7. Skorzyńska-Polít E. Lipid peroxidation on plant cells, its physiological role and changes under heavy metal stress, *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, **74**, 49 (2007).
8. Gratao P. L., Polle A., Lea P. J., Azevedo R. A. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier, *Functional Plant Biology*, **32**, 481(2005).
9. Michalak A. Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress, *Polish journal of environmental studies*, **15**, 523 (2006).
10. Karpova E. A., Khranova E. P. Phenolic composition and content of representatives of the genus *Spiraea* L. under the conditions of industrial pollution in Novosibirsk, *Contemporary Problems of Ecology*, **2**, 283 (2014) (in Russ.).
11. Mierziak J., Kostyn K., Kulma A. Flavonoids as important molecules of plant interaction with the environment, *Molecules*, **19**, 16240 (2014).
12. Aggarwal A., Sharma I., Tripathi B. N., Munjal A. J., Baunthiyal M., Sharma V. Metal toxicity and photosynthesis, *Photosynthesis: Overviews on Recent Progress & Future Perspective*, 229 p. (2011).
13. Uzbekov M. G. Lipid peroxidation and antioxidant systems in mental disorders. Communication IV, *Social'naja i klinicheskaja psixiatrija*, **26**, 3, 65 (2016) (in Russ.).
14. Shvedova A. A., Polyanskii N. B. Metod opredeleniya konechnykh produktov perekisnogo okisleniya lipidov v tkanyakh – fluorestsiruyushchikh shiffovnykh osnovanii, *Issledovanie sinteticheskikh i prirodnykh antioksidantov in vitro i in vivo*, 72 (Nauka, Moscow, 1992). (in Russ.).
15. Shul'gin I. A., Nichiporovich A. A. Raschet sodержaniya pigmentov s pomoshh'ju nomogramm, 127 (Nauka i Tehnika, Minsk, 1974) (in Russ.).
16. Fedorova A. I. Praktikum po jekologii i ohrane okruzhajushhej sredy, 288 p. (Vlados, Moscow 2001). (in Russ.).
17. Tret'jakov N. N. Fiziologija i biohimija sel'skohozjajstvennyh rastenij, 639 p. (Kolos, Moscow, 1998). (in Russ.).
18. Koroljuk M. A., Ivanova L. I., Majorova N. O., Tokarev V. E. Metod opredelenija aktivnosti katalazy, *Laboratornoe delo*, **1**, 16 (1988). (in Russ.).
19. Kaznina N. M., Batova Yu. V., Titov A. F., Laidinen G. F. Role of antioxidant system components in adaptation of *Eletrigia repens* (L.) Nevski to cadmium, *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN*, **11**, 17 (2016). (in Russ.).
20. Buyuk I., Gunduzer E., Kandemir I., Cansaran-Duman D. Effects of lead and cadmium elements on lipid peroxidation, catalase enzyme activity and catalase gene expression profile in tomato plants, *Journal of Agricultural Sciences*, **22**, 539 (2016)
21. Zhang F. Q., Wang Y. S., Lou Z. P., Dong J. D. Effect of heavy metal stress on antioxidant enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of two mangrove plant seedlings (*Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorhiza*), *Chemosphere*, **67**, 44 (2007)
22. Panda S. K., Chaudhury I., Khan M. H. Heavy metals induce lipid peroxidation and affect antioxidants in wheat leaves, *Biologia Plantarum*, **46**, 2, 289 (2003)

23. Sai Kachout S., Ben Mansoura A., Ennajah A., Leclerc J. C. Effects of metal toxicity on growth and pigments contents of annual halophyte, *International journal of environmental resources*, **9**, 613 (2015)
24. Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K. V. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review, *Annals of Botany*, **91**, 179 (2002)
25. Kabbata-Pendias A., Pendias Kh. Microelements in Soils and Plants, 440 p. (Mir, Moscow, 1989). (in Russ.).
26. Petukhov A. S., Khritokhin N. A., Petukhova G. A., Kremleva T. A. Phenolic plant defense system under conditions of environment pollution by heavy metals in Tyumen, *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, **161**, 1, 93 (2019). (in Russ.).
27. Lachman J., Dudjak J., Miholova D., Kolihova D. Effect of cadmium on flavonoid content in young barley (*Hordeum sativum* L.) plants, *Plant, Soil and Environment*, **11**, 513 (2005).
28. Velikanova N. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P. Investigation of flavonoids accumulation by knotgrass collected from different from ecological point of view districts of Voronezh and its outskirts, *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, **1**, 181 (2013). (in Russ.).
29. Kobrinec L. A. Izmenenie aktivnosti fermentov antioksidantnoj sistemy u prorostkov ljupina vyzvannoj dejstviem soedinenij svinca, *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, **2**, 86 (2012). (in Russ.).
30. Kachout S. S., Ben Mansoura A., Leclerc J. C., Mechergui R., Rejeb M. N., Ouerghi Z. Effects of heavy metals on antioxidant activities of *Artiplex hortensis* and *A. rosea*, *Journal of Food, Agriculture and Environment*, **7**, 938 (2009)
31. Murzaeva S. V. The accumulation of heavy metals and the activity of antioxidant enzymes in wheat exercise influence of sewages, *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, **4**, 2, 260 (2002). (in Russ.).
32. Hosseini R. H., Khanlarian M., Ghorbanli M. Effect of lead on germination, growth and activity of catalase and peroxidase enzyme in root and shoot of two cultivars of *Brassica Napus L*, *Journal of biological sciences*, **7**, 592 (2007)
33. Devi Chinmayee M., Anu M. S., Mahesh B., Mary Sheeba A., Mini I., Swapna T. S. A comparative study of heavy metal accumulation and antioxidant responses in *Jatropha curcas L.*, *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, **8**, 7, 58 (2014)
34. Petukhov A. S., Khritokhin N. A., Petukhova G. A., Kudryavtsev A. A. Biochemical response of the oat to accumulation of iron and manganese, *Pollution Research*, **36**, 1, 1 (2017)
35. Eremchenko O. Z., Kusakina M. G., Goleva T. N. The influence of soil pollution by PbSO₄ and CdSO₄ on the antioxidant system of *Raphanus Sativus L*. *Vestnik Permskogo Universiteta, Biologiya*, **1**, 10 (2014). (in Russ.).
36. Kolesnichenko V. V., Kolesnichenko A. V. The influence of high Cd²⁺ concentration on antioxidant system of wheat etiolated shoots with different length, *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, **7**, 3, 212 (2011). (in Russ.).
37. Naumenko O. A., Sablina E. V., Kabysheva M. I., Kosteneckaja E. A. Issledovanie mehanizma povrezhdajushhego dejstvija izbytochnyh koncentracij kadmija na sostojanie antioksidantnyh fermentov kress-salata, *Vestnik OGU*, **159**, 10, 205 (2013). (in Russ.).

УДК 57.084.1

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-150-161

ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС ПРИ ДЕЙСТВИИ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ В РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ

*Раваева М. Ю., Чуян Е. Н., Миронюк И. С., Чертаев И. В., Колесник В. В.,
Пивоварчук А. В., Гришина Т. В., Ибрагимова Э. И.*

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

В работе исследовалось действие ацетилсалициловой кислоты в дозах 5, 10, 40, 80, 120 мг/кг на показатели кардиореспираторной системы крыс. Установлено, что при действии ацетилсалициловой кислоты во всех дозах достоверно снижались показатели частоты сердечных сокращений без существенных изменений показателей артериального давления и частоты дыхания. На уровне микроциркуляции при введении ацетилсалициловой кислоты во всех дозах происходило увеличение эндотелий-зависимой вазодилатации, снижение периферического сопротивления, увеличение притока крови в нутритивное микрососудистое русло, улучшение веноулярного оттока.

Ключевые слова: ацетилсалициловой кислоты, кардиореспираторная система, частота сердечных сокращений, частота дыхания, артериальное давление, показатели микроциркуляции.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основным применяемым лекарственным препаратом, эффективность которого доказана временем и результатами большинства исследований, является ацетилсалициловая кислота (АСК). Она используется как универсальное болеутоляющее, жаропонижающее и противовоспалительное средство уже многие годы [1]. Однако в малых дозах (от 50 до 325 мг) АСК широко применяется для профилактики и лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы, ее клиническая эффективность в отношении снижения частоты инфаркта миокарда, ишемического инсульта и сосудистой смерти у различных групп людей подтверждена результатами многочисленных рандомизированных контролируемых исследований и метаанализов [1–4]. Необходимо отметить, что АСК до настоящего времени сохраняет позиции золотого стандарта антитромбоцитарной терапии, как при острых состояниях, так и в долгосрочной профилактике кардиоваскулярных заболеваниях [1]. В тоже время в доступной литературе нами не обнаружено результатов исследования АСК на показатели ССС организма человека и животных. На наш взгляд, данные исследования позволят, во-первых, понять механизмы широкого спектра терапевтических эффектов АСК, а во-вторых, позволит

дополнить имеющиеся сведения о АСК и, возможно, расширить диапазон биологической активности кислоты. В связи с этим, целью данного исследования явилось изучение влияния АСК в разных концентрация на показатели кардиореспираторной системы крыс.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» кафедры физиологии человека и животных и биофизики КФУ имени В. И. Вернадского.

Для эксперимента отбирали здоровых половозрелых самцов лабораторных крыс массой 180–200 г линии Вистар («ФГУП «Питомник лабораторных животных «Рапполово»»), прошедших карантин не менее 14 дней. Животных содержали в стандартных условиях вивария при температуре 18–22 °С на подстиле «Рехофикс МК 2000» (на основе початков кукурузы) с естественным 12-часовым светотемновым циклом, свободным доступом к воде (ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур») и полноценному гранулированному корму ГОСТ Р-50258-92.

Экспериментальные исследования проводились на 60 белых крысах самцах, характеризующихся средней двигательной активностью и низкой эмоциональностью в тесте «открытого поля», которые составляют большинство в популяции, и поэтому у них развивается наиболее типичная реакция на действие различных факторов [5], в том числе и тестируемых химических соединений. После предварительного отбора животных разделили на 6 групп по 10 крыс в каждой.

Первая группа являлась биологическим контролем (К); вторая – пятая группы животных – экспериментальные (Э), получавшие АСК внутривентриально (объем 0,2 мл) в концентрациях 5, 10, 40, 80, 120 мг/кг (Э-5, Э-10, Э-40, Э-80, Э-120) соответственно. При этом животным контрольной группы одновременно вводили физиологический раствор (NaCl, 0,9 %) того же объема.

Тестируемое вещество было синтезировано на кафедре общей и неорганической химии факультета биологии и химии Таврической академии ФГАОУ «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» (химическая чистота составляла не менее 98,0 %).

Биоскрининг АСК проводился через 20 минут после внутривентриального введения в указанных концентрациях, поскольку в этот период наблюдается максимальная концентрация АСК [1]. При этом у животных всех групп регистрировали показатели кардиореспираторной системы: частоту сердечных сокращений (ЧСС), частоту дыхания (ЧД), систолическое (САД) и диастолическое артериальное давление (ДАД), а также показатели микроциркуляции (Мц).

АД, ЧСС и ЧД у крыс регистрировали с помощью системы NIBP200A («BioracSystems, Inc.», США). АД и ЧСС фиксировалось с хвостовой артерии путем наложения манжеты на основание хвоста. Для записи ЧД датчик фиксировался на область грудной клетки. При регистрации показателей животные помещались в индивидуальный пенал и переносились в камеру Biorac с постоянной

поддерживаемой температурой 33 °С для создания комфортных условий для животного.

Запись показателей проводилась в течение 5 минут от момента стабилизации сигналов от датчиков. Этого времени достаточно для 5-тикратного измерения АД, при этом ЧСС и ЧД регистрировались непрерывно. Запись и обработка данных производилась на компьютере с помощью программы «AcqKnowledge 4.2 for MP150».

Регистрация Мц проводилась при помощи лазерного анализатора кровотока «Лазма-МЦ» (производство НПП «Лазма», Россия) с использованием программы LDF 2.20.0.507WL. В качестве параметров, анализируемых методом ЛДФ, регистрировали неосцилляторные и осцилляторные показатели базального кровотока, которые подробно описаны в наших предыдущих статьях [5, 16]. Для статистической обработки были использованы данные трёх повторений эксперимента. Применялись непараметрические методы статистики, поскольку распределение значений переменных отличалось от нормального. Расчеты, статистическая обработка и графическое оформление полученных в работе данных по действия тестируемых соединений проводились с использованием программы Microsoft Excel и программного пакета StatSoft\STATISTICA 8.

Достоверность статистических различий между контрольной (внутрибрюшинное введение физиологического раствора) и экспериментальными группами с различными дозами введения аспирина (5, 10, 40, 80 и 120 мг/кг) определяли с помощью критерия Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что у животных контрольной группы при введении физраствора достоверных изменений показателей кардиореспираторной системы не наблюдалось (табл. 1; рис. 1). В то же время, у животных экспериментальных групп зарегистрированы достоверные изменения частоты сердечных сокращений (ЧСС) при введении АСК во всех исследуемых концентрациях. Максимальное снижение данного показателя зарегистрировано у животных при введении АСК в дозе 120 мг/кг на 24,4 % ($p \leq 0,05$) относительно значений в контрольной группе животных, т.е. при максимальной среди исследуемых концентрации (см. табл. 1; рис. 1).

Достоверных изменений САД, ДАД и ЧД под влиянием АСК во всех исследуемых дозах не наблюдалось. Таким образом, АСК не вызывает выраженных изменений показателей кардиореспираторной системы, за исключением ЧСС животных.

Исследование тканевой микроциркуляции позволило установить, что при введении АСК в диапазоне доз 5–120 мг/кг происходили значительные изменения как осцилляторных, так и неосцилляторных показателей кожной микрогемодинамики (табл. 2; рис. 2, 3) по сравнению с показателями, полученными в контрольной группе животных.

Таблица 1

Показатели кардиореспираторной системы у крыс при введении ацетилсалициловой кислоты

Группа	Кол-во особей	САД, мм.рт.ст	ДАД, мм.рт.ст	ЧСС, уд/мин	ЧД, дых.дв/мин
контроль	(n=10)	118,4±1,66 100%	74,3±1,49 100%	468,9±9,22 100%	98,4±4,34 100%
Э-5	(n=10)	114,2±1,86 96,6%	76,5±1,05 102,7%	363,5±10,72 77,5% p≤0,05	98,2±3,27 99,7%
Э-10	(n=10)	117,7±1,89 99,1%	79,2±1,03 106,7%	366,5±10,73 78,2% p≤0,05	100,5±3,23 102%
Э-40	(n=10)	115,3±1,2 97,4%	75,5±0,71 101,3%	425,7±9,67 90,8% p≤0,05	101,5±3,61 103%
Э-80	(n=10)	114,9±1,4 96,6%	76,7±0,93 102,7%	400,4±12,1 85,4% p≤0,05	108,6±3,2 111,2%
Э-120	(n=10)	106,5±2,02 89,8%	72±1,3 98,6%	354,6±13,6 75,6% p≤0,05	96,5±3,09 97,9%

Примечание: М – среднее арифметическое значение, М±m – ошибка среднего, р – уровень достоверности различий по критерию Манна-Уитни относительно контроля;

САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; ЧД – частота дыхания

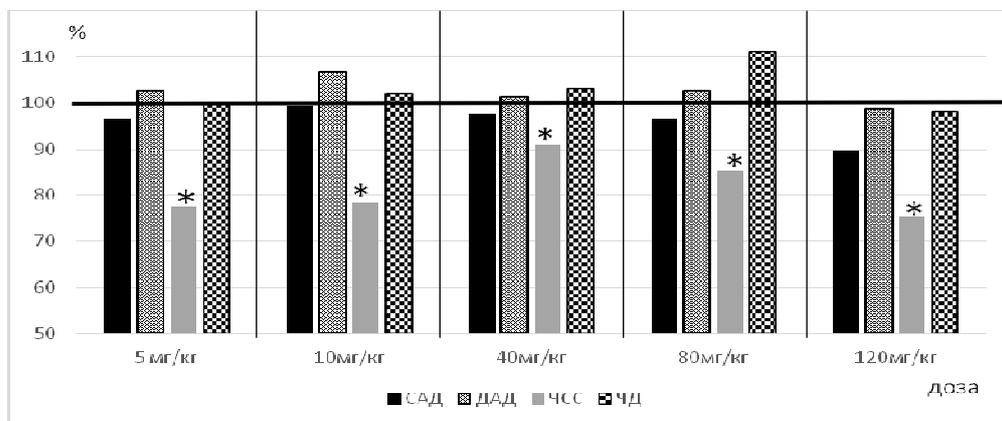


Рис. 1. Изменения показателей кардиореспираторной системы у животных, получавших инъекции ацетилсалициловой кислоты в разных концентрациях

Примечание: * – уровень достоверности различий по критерию Манна-Уитни относительно значений показателей в контроле;

САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление; ЧСС – частота сердечных сокращений; ЧД – частота дыхания.

Таблица 2
Показатели микроциркуляции у животных при введении ацетилсалициловой кислоты в разных концентрациях

Группа	Осцилляторные показатели					Неосцилляторные показатели		
	Аэ, у.е.	Ан, у.е.	Ам, у.е.	Ад, у.е.	Ас, у.е.	ПМ, перф. ед.	СКО, перф. ед.	Кв, %
Конт-роль	3,23±0,36	3,53±0,41	3,10±0,34	2,40±0,28	3,17±0,44	4,04±0,74	3,65±0,28	54,46±0,96
Э-5	4,85±0,55 p≤0,05	5,49±0,63 p≤0,05	3,99±0,64	4,11±0,70 p≤0,05	4,46±0,90	7,21±0,81 p≤0,05	3,14±0,50	56,78±0,58 p≤0,05
Э-10	5,01±0,62 p≤0,05	5,57±0,50 p≤0,05	4,25±0,63	4,21±0,65 p≤0,05	4,66±0,85	7,30±0,54 p≤0,05	3,10±0,57	57,18±0,71 p≤0,05
Э-40	5,7±0,77 p≤0,05	5,91±0,88 p≤0,05	5,72±0,80 p≤0,05	5,78±0,98 p≤0,05	5,48±0,86 p≤0,05	6,93±0,84 p≤0,05	4,33±0,46	57,31±0,60 p≤0,05
Э-80	8,28±0,74 p≤0,05	9,13±0,49 p≤0,05	7,66±0,68 p≤0,05	6,33±0,82 p≤0,05	8,83±0,73	9,70±0,47 p≤0,05	7,21±0,70 p≤0,05	55,31±0,36
Э-120	5,43±0,66 p≤0,05	5,34±0,87	4,83±0,74 p≤0,05	4,71±0,85 p≤0,05	8,27±0,68 p≤0,05	6,26±0,53 p≤0,05	3,91±0,26	56,41±0,76

Примечания: М – среднее арифметическое значение, М±m – ошибка среднего, p – уровень достоверности различий по критерию Манна-Уитни относительно контроля; Аэ – амплитуды эндотелиального генеза, Ан – амплитуды нейрогенных колебаний, Ам – амплитуды миогенных колебаний, Ад – амплитуды дыхательных колебаний, Ас – амплитуды пульсовых колебаний. ПМ – показатель перфузии, СКО – среднее квадратичное отклонение (флакс, СКО, перф. ед.), Кв – коэффициент вариации (КВ, %)

Так, введение АСК в дозе 5 мг/кг приводил к достоверному увеличению амплитуд колебаний эндотелиального (Аэ, на 50,1 %, p≤0,05), нейрогенного (Ан, на 55,5 %, p≤0,05), дыхательного (Ад, на 71,2 %) ритмов, интегрального показателя микроциркуляции (ПМ, на 78,4 %, p≤0,05) по отношению к таковым в контрольной группе животных (табл. 2; рис. 2, 3).

Аналогичная динамика показателей зарегистрирована в дозах 10 мг/кг, 40 мг/кг, а максимальные изменения показателей Мц происходили при введении АСК в дозе 80 мг/кг. При этом достоверно увеличивались амплитуды колебаний эндотелиального (Аэ, на 156,3 % (p≤0,05), нейрогенного (Ан на 158,6 % (p≤0,05), миогенного (Ам на 147 % (p≤0,05), дыхательного (Ад на 163,7 % (p≤0,05) и пульсового (Ас на 178 % (p≤0,05) ритмов и неосцилляторных показателей (ПМ на 140 % (p≤0,05), СКО на 97,5 % (p≤0,05) по отношению к значениям данных показателей в контрольной группе животных.

ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС ПРИ ...

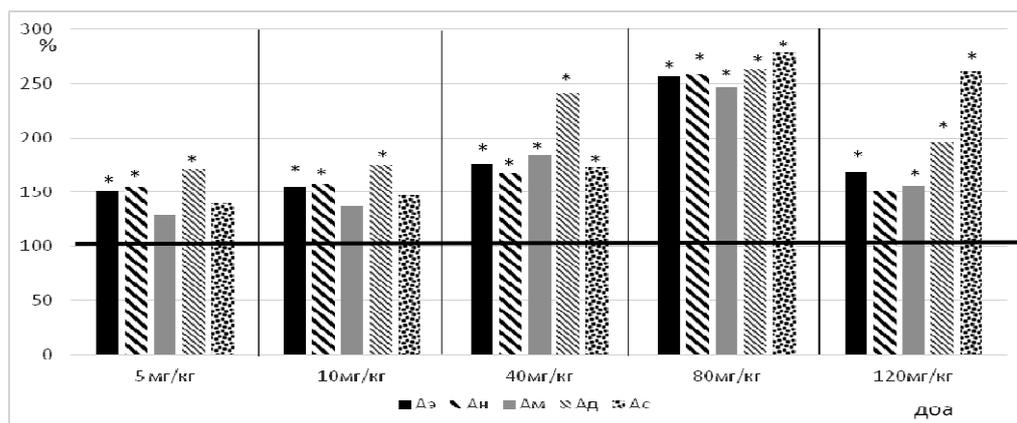


Рис. 2. Осцилляторные показатели микроциркуляции при действии ацетилсалициловой кислоты в разных концентрациях (в % по отношению к значениям в контрольной группе, принятым за 100 %).

Примечания: * – достоверность различий показателей у животных экспериментальной группы с таковыми у животных контрольной группы по критерию Манна-Уитни при $p \leq 0,05$; Δэ – амплитуды эндотелиального генеза, Δн – амплитуды нейрогенных колебаний, Δм – амплитуды миогенных колебаний, Δд – амплитуды дыхательных колебаний, Δс – амплитуды пульсовых колебаний. ПМ – показатель перфузии, СКО – среднее квадратичное отклонение (флак, СКО, перф. ед.), Кв – коэффициент вариации (КВ, %)

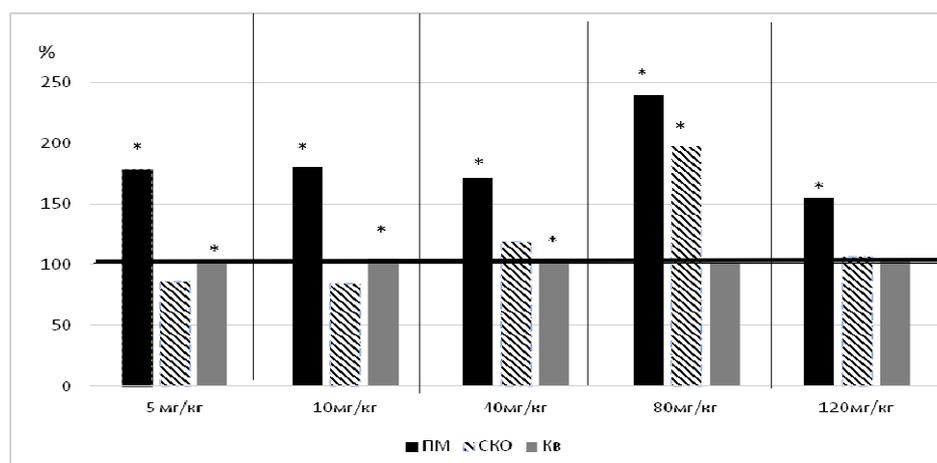


Рис. 3. Неосцилляторные показатели микроциркуляции при действии ацетилсалициловой кислоты в разных концентрациях (в % по отношению к значениям в контрольной группе, принятым за 100%).

Примечания: * – достоверность различий показателей у животных экспериментальной группы с таковыми у животных контрольной группы по критерию Манна-Уитни при $p \leq 0,05$; ПМ – показатель перфузии, СКО – среднее квадратичное отклонение (флак, СКО, перф. ед.), Кв – коэффициент вариации (КВ, %)

При увеличении дозы АСК до 120 мг/кг показатели Мц были сопоставимы с таковыми в дозе 10 мг/кг, о чем свидетельствует отсутствие достоверно значимых различий показателей при введении АСК в дозах 10 мг/кг и 120 мг/кг (кроме Ас, которые увеличились на 77,4 % ($p \leq 0,05$) и ПМ, который достоверно снизился на 26 % ($p \leq 0,05$)).

Таким образом, при введении АСК в диапазоне доз 5–120 мг/кг наблюдалось достоверное увеличение активности всех компонентов регуляции микрососудистого тонуса, особенно выраженное в дозе 80 мг/кг. Поскольку известно, что увеличение амплитуды эндотелиальных волн синхронизированы с периодическим релизингом оксида азота (NO) эндотелием сосудов [7], то повышение данного показателя свидетельствует об увеличении секреции NO эндотелием и, как следствие, развитии эндотелий-зависимой вазодилатации. Следовательно, при введении АСК в исследуемом диапазоне доз происходило увеличение метаболической активности эндотелия и увеличение релизинга NO эндотелием.

Полученные данные согласуются с литературными [8], в которых показано что при действии АСК увеличивается синтез и релизинг оксида азота в клетках эндотелия, причем именно с этим свойством АСК автор работы связывает его эндотелий-протективное и антиоксидантное действие.

Повышение амплитуд колебаний ЛДФ-граммы в нейрогенном диапазоне (Ан), которые связаны с симпатическими адренергическими влияниями на гладкие мышцы артериол и артериолярных участков артерио-венулярных анастомозов [7] отражает снижение периферического сопротивления в данных областях микроциркуляции [9]. Следовательно, увеличение данного показателя, свидетельствует, что при действии АСК происходит снижение симпатических адренергических влияний на гладкомышечные клетки артериол и артериолярных участков артерио-венулярных анастомозов.

Увеличение амплитуд миогенных ритмов (Ам) отражает снижение тонуса прекапиллярных сфинктеров и прекапиллярных метартериол [7]. Поскольку известно, что ритмы данного диапазона обусловлены колебаниями концентрации Ca^{2+} через мембраны мышечных клеток, следовательно, повышение Ам свидетельствует о снижении тонуса прекапилляров вследствие развития Ca^{2+} -зависимой мышечной релаксации. Известно, что АСК может приводить к подавлению мобилизации Ca^{2+} из депо [21]. Вероятно, что уменьшение Ca^{2+} -зависимого тонуса прекапиллярных сфинктеров и прекапиллярных метартериол при действии АСК может быть обусловлено уменьшением кальциевого компонента мышечного сокращения.

Необходимо отметить, что при действии АСК достоверно увеличилась амплитуда дыхательных ритмов (Ад), которые связаны с дыхательной модуляцией венулярного кровотока и с респираторными влияниями на вегетативное обеспечение деятельности сердца [9]. Кроме этого, происходило увеличение амплитуд пульсовых колебаний, так, например, максимальное увеличение показателя было зарегистрировано в дозе АСК 80 мг/кг (на 78,5 % ($p \leq 0,05$)) по отношению к значениям данного показателя в контрольной группе животных. Этот показатель отражает перфузионное давление в микрососудах, обусловленное как

сердечным выбросом, перепадами систолического и диастолического давления, так и влиянием посткапиллярного сопротивления [9]. Следовательно, увеличение данного показателя свидетельствует, что при действии АСК увеличивается приток артериальной крови в микрорусло.

Данные изменения микрогемодинамики нашли свое отражение в увеличении неосцилляторных показателей базального кровотока. Так, выявлено, что уровень ПМ достоверно увеличивался, достигая при этом максимальной статистической значимости при введении дозы 80 мг/кг и 10 мг/кг по отношению к значениям у испытуемых контрольной группы. Увеличение интегрального показателя микроциркуляции указывает на увеличение перфузии крови при действии АСК.

Кроме этого, постепенно увеличивался показатель СКО, максимальное увеличение которого (на 97,5 %, $p \leq 0,05$) происходило при введении дозы 80 мг/кг. Поскольку СКО отражает среднюю модуляцию кровотока во всех частотных диапазонах и свидетельствует о более глубокой модуляции микрокровотока [9], то его повышение может быть обусловлено интенсивным функционированием механизмов активного контроля микроциркуляции, что и было показано в настоящем исследовании.

Вместе с тем, в течение эксперимента наблюдалось увеличение K_v в дозах АСК 5 мг/кг, 10 мг/кг, 40 мг/кг ($p \leq 0,05$) в сравнении со значениями у животных контрольной группы, что свидетельствует об активации вазомоторного контроля тонуса микроциркуляторного русла [7].

Таким образом, результаты настоящего исследования показали, что вазоактивные свойства АСК проявляются в его способности влиять на сосудистые и внесосудистые регуляторные процессы Мц в коже. Одним из установленных в работе механизмов вазотропного действия АСК является его способность усиливать продукцию NO эндотелием, как показано в настоящем исследовании и согласуется с [8], что влечет за собой вазодилататорное действие.

Кроме этого, активации и высвобождению NO из сосудистого эндотелия может способствовать и изменение концентрации Ca^{2+} . Поскольку в настоящем исследовании показано, что при действии АСК происходит уменьшение Ca^{2+} -зависимого тонуса прекапиллярных сфинктеров и прекапиллярных метартериол (увеличивается Ам), можно предположить, что АСК подавляет мобилизацию Ca^{2+} из депо, как это показано в [21].

В целом, можно заключить, что при действии АСК во всех дозах наблюдалось достоверное изменение активности практически всех компонентов регуляции микрососудистого тонуса, что выражалось в увеличении эндотелий-зависимой вазодилатации, снижении периферического сопротивления, увеличении притока крови в нутритивное микрососудистое русло, улучшении веноулярного оттока. Данные изменения в регуляции Мц в целом могут свидетельствовать о развитии гиперемии.

Известно, что гиперемия – это один из видов проявления фармакологического действия АСК, связанного с его жаропонижающим действием. Вероятно, что данный эффект связан со способностью АСК блокировать циклооксигеназу тромбоцитов (ЦОГ) с последующим блокированием синтеза из арахидоновой кислоты

простагландинов [11]. Следствие ингибирования ЦОГ – угнетение функции тромбоксан-синтетазы и, в результате, уменьшение образования активного проагреганта тромбоксана А₂, в то время как уровень простаглицлина, мощного естественного вазодилататора и антиагреганта, сохраняется достаточно высоким [11]. Вероятно, что АСК в исследованном диапазоне доз вызывает подавление ЦОГ-1, что отражается в изменениях микрогемодинамики – развитии гиперемии кожи.

Таким образом, результаты настоящего исследования показали, что действие АСК развивается прежде всего на микроциркуляторном уровне и не находит системного отклика, поскольку показатели АД достоверно не изменялись.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. У животных экспериментальных групп зарегистрированы достоверные изменения частоты сердечных сокращений (ЧСС) при введении ацетилсалициловой кислоты во всех исследуемых концентрациях. Максимальное снижение данного показателя зарегистрировано у животных при введении ацетилсалициловой кислоты в дозе 120 мг/кг на 24,4 % ($p \leq 0,05$) относительно значений в контрольной группе животных
2. При введении ацетилсалициловой кислоты в выделенных дозах, наблюдалось достоверное изменение активности практически всех компонентов регуляции микрососудистого тонуса, что выражалось в увеличении эндотелий-зависимой вазодилатации, снижении периферического сопротивления, увеличении притока крови в нутритивное микрососудистое русло, улучшении веноулярного оттока. Указанные изменения максимально проявлялись при введении животным ацетилсалициловой кислоты в дозе 80 мг/кг.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-70142 на экспериментальном оборудовании центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУВО «Крымский федеральный университет им В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Левых А. Э. Ацетилсалициловая кислота как эффективная и безопасная основа антиагрегантной терапии / А. Э. Левых, В. И. Мамчур // Артериальная гипертензия. – 2015. – №6 (44). – С. 57–63.
2. Михайлова И. Е. Ацетилсалициловая кислота: сфера клинического применения и доказательства эффективности / И. Е. Михайлова, Н. Б. Перепеч // РМЖ. – 2007. – Т. 15(22). – С. 1602–1608.
3. Collaborative Group of the Primary Prevention Project. Lowdose aspirin and vitamin E in people at cardiovascular risk: a randomised trial in general practice // Lancet. – 2001. – Vol. 357. – P. 89–95.
4. Antithrombotic Trialists Collaboration. Collaborative metaanalysis of randomised trials of antiplatelet therapy for prevention of death, myocardial infarction, and stroke in high risk patients // BMJ. – 2002. – Vol. 324. – P. 71–86.
5. Чуюн Е. Н. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / Е. Н. Чуюн, Н. А. Темурьянц, О. Б. Московчук: монография. – Симферополь: ЧП «Эльиньо», 2003. – 448 с.

6. Маколкин В. И. Метод лазерной доплеровской флоуметрии в кардиологии / В. И. Маколкин, В. В. Бранько, С. А. Богданова // Пособие для врачей. – М.: Россельхоз академия, 1999. – 48 с.
7. Козлов В. И. Метод лазерной доплеровской флоуметрии / Козлов В. И., Мач Э. С., Литвин Ф. Б., Терман О. А., Сидоров В. В. // Пособие для врачей. – 2001. – 22 с.
8. Марков Х. М. Молекулярные механизмы дисфункции сосудистого эндотелия / Х. М. Марков // Кардиология. – 2005. – № 12. – С.62–67.
9. Крупаткин А. И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: руководство для врачей. / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров. – М.: Медицина, 2005. – 254 с.
10. Pepine C. J. Clinical implications of endothelial dysfunction / C. J. Pepine // Clin. Cardiol. – 1998. – Vol. 21, № 11. – P.795–799.
11. Волков В. И. Оценка эффективности и безопасности применения ацетилсалициловой кислоты у пациентов с ишемической болезнью сердца / В. И. Волков, О. Е. Запровальная, А. Э. Багрий, Т. А. Хомазюк, В. В. Родионова // Украинский кардиологический журнал. – 2012. – №5. – С. 50–59.
12. Burnstock G. Physiology and pathophysiology of purinergic neurotransmission / G. Burnstock // Physiol. Rev. – 2007. – Vol. 87, No 2. – P. 659–797.
13. Berridge M. G. The Inositol Trisphosphate/Calcium Signaling Pathway in Health and Disease / M. G. Berridge // Physiol. Rev. – 2016. – Vol. 96, No 4. – P. 1261–1296.
14. Berridge M. G. Neuronal calcium signaling / M. G. Berridge // Neuron. – 1998. – Vol. 21, No 1. – P. 13–18.
15. Герасимов И. Г. Взаимосвязь между показателями гемодинамики и дыхания у человека / И. Г. Герасимов, Е. В. Самохина // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, № 4. – С. 72–75.
16. Раваева М. Ю. Адаптация тканевой микрогемодинамики условиям комбинации стрессовых факторов / М. Ю. Раваева, Е. Н. Чуян // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского Биология. Химия. – 2018. – Том 4 (70), № 4. – С. 165–179.
17. Марков Х. М. Патогенетические механизмы первичной артериальной гипертензии у детей и подростков / Х. М. Марков // Вестник РАМН. – 2001. – № 2. – С. 46–48.
18. Levin E. R. Endothelins / E. R. Levin // N. Engl. J. Med. – 1995. – Vol. 323. – P. 356–363.
19. Бубнова М. Г. Аспирин в профилактике атеротромбоза и коронарной болезни сердца / М. Г. Бубнова // Российский кардиологический журнал – 2010. – № 4 (84). – С. 115–121.
20. Stefanovska A. Physics of the human cardiovascularsystem / A. Stefanovska, M. Bracic // Contemporary Physics. – 1999. – V. 40, №1. – P. 31–35.
21. Наумова А. А. Влияние глутоксима и моликсана на внутриклеточную концентрацию Ca^{2+} в макрофагах: роль каскада метаболизма арахидоновой кислоты и актинового цитоскелета. Диссертация 03.01.02 – биофизика. / Наумова А. А. – Санкт-Петербург, 2017. – С. 103–104.

THE INDICATORS OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM OF RATS UNDER THE ACTION OF ACETYLSALICYLIC ACID IN DIFFERENT CONCENTRATIONS

Ravaeva M. Yu., Chuyan E. N., Mironyuk I. S., Cheretaev I. V., Pivovarchuk A. V., Kolesnik V. V., Grishina T. V., Ibragimova E. I.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: ravaevam@yandex.ru*

The present study is devoted to revealing the peculiarities of the reaction of tissue microhemodynamics and cardiorespiratory system of animals the action acetylsalicylic acid in different concentrations on in rats. The study was carried out on the basis of the Center for collective use of scientific equipment "Experimental Physiology and

Biophysics" of the Department of Human and Animal Physiology and Biophysics of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

The animals were divided into six groups of 10 animals. The first group was biological control; in the animals of this group, the microcirculation parameters were recorded by the laser Doppler flowmetry (LDF) method. The second-sixth group of animals was registered parameters of microcirculation and cardiorespiratory system. The LDF-metry was performed with the help of the laser analyzer of the blood flow "LAZMA-MC".

It was researched the action of 5, 10, 40, 80, and 120 mg/kg doses acetylsalicylic acid on cardiorespiratory parameters in rats. It was found that the effect of acetylsalicylic acid in all doses significantly decreased only heart rate. The maximum decrease in this indicator was registered in animals when acetylsalicylic acid was administered at a dose of 120 mg/kg by 24.4 % ($p \leq 0.05$) relative to the values in the control group of animals.

When acetylsalicylic acid was administered in isolated doses, there was a significant change in the activity of almost all components of microvascular tone regulation. These changes were most pronounced when animals were administered acetylsalicylic acid at a dose of 80 mg/kg.

Thus, the action of acetylsalicylic acid it was increased the endothelium-dependent vasodilation, blood flow to the nutritive microvasculars, improvement in venular outflow and decreased in peripheral resistance.

The reported study was funded by RFBR, project number 20-33-70142.

Keywords: acetylsalicylic acid, cardiorespiratory system, heart rate, blood pressure, microcirculation indicators.

References

1. Levyh A. Je., Mamchur V. I. Acetilsalicilovaja kislota kak jeffektivnaja i bezopasnaja osnova antiagregantnoj terapii, *Arterial'naja gipertenzija*, **6** (44), 57 (2015).
2. Mihajlova I. E., Perepech N. B. Acetilsalicilovaja kislota: sfera klinicheskogo primenenija i dokazatel'stva j jeffektivnosti, *RMZh*, **15**(22), 1602 (2007).
3. Collaborative Group of the Primary Prevention Project. Lowdose aspirin and vitamin E in people at cardiovascular risk: a randomised trial in general practice, *Lancet*, **357**, 89 (2001).
4. Antithrombotic Trialists Collaboration. Collaborative metaanalysis of randomised trials of antiplatelet therapy for prevention of death, myocardial infarction, and stroke in high risk patients, *BMJ*, **324**, 71 (2002).
5. Chuyan E. N., Temur'yants N. A., Moskovchuk O. B. *Fiziologicheskiye mekhanizmy biologicheskikh jeffektov nizkointensivnogo EMI KVCH*, monografiya, 448 p. (CHP «El'in'o»Simferopol', 2003).
6. Makolkin V. I., Bran'ko V. V., Bogdanova È. A. *Metod lazerno ydopplerovskoy floumetrii v kardiologii, Posobiye dlya vrachey*, 48 p. (M., Rossel'khozakademiya, 1999).
7. Kozlov V. I., Mach E. S., Litvin F. B., Terman O. A., Sidorov V. V. *Metodlazerno dopplerovsko floumetrii. Posobiye dlya vrachey*, 22 p. (2001).
8. Markov H. M. Molekuljarnye mehanizmy disfunkcii sosudistogoj endotelija, *Kardiologija*, **12**, 62 (2007).
9. Krupatkin A.I., Sidorov V.V. *Lazer naya dopplerovskaya floumetriya mikrotsirkulyatsii krovi: rukovodstvo dlya vrachey*, 254 p. (M., Meditsina, (2005)
10. Pepine C. J. Clinical implications of endothelial dysfunction, *Clin. Cardiol.*, **21**, **11**, 795 (1998).
11. Volkov V. I., Zaproval'naja O. E., Bagrij A. Je., Homazjuk T. A., Rodionova V. V. Ocenka jeffektivnostii bezopasnosti primenenija acetilsalicilovoj kisloty u pacientov s ishemichejskoj bolezn'ju serdca, *Ukrainskij kardiologicheskij zhurnal*, **5**, 50 (2012).

12. Burnstock G. Physiology and pathophysiology of purinergic neurotransmission, *Physiol. Rev.*, **87**, **2**, 659 (2007).
13. Berridge M. G. The Inositol Trisphosphate/Calcium Signaling Pathway in Health and Disease, *Physiol. Rev.*, **96**, **4**, 1261 (2016).
14. Berridge M. G. Neuronal calcium signaling, *Neuron.*, **21**, **1**, 13 (1998).
15. Gerasimov I. G., Samohina E. V. Vzaimosvjaz' mezhdu pokazateljami gemodinamiki I dyhanija u cheloveka, *Fiziologija cheloveka*, **29**, **4**, 72 (2003).
16. Ravaeva M. Ju., Chujan E. N. Adaptacija tkanevoj mikrogemodinamiki u slovijam kombinacii stressovyh faktorov, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo Biologija. Himija*, **4 (70)**, **4**, 165 (2018)
17. Markov H. M. Patogeneticheskie mehanizmy pervichnoj arterial'nojgipertenziiudeteji podrostkov, *Vestnik RAMN*, **2**, 46 (2001).
18. Levin E. R. Endothelins, *N. Engl. J. Med.*, **323**, 356 (1995).
19. Bubnova M. G. Aspirin v profilaktike aterotromboza i koronarnoj bolezni serdca, *Rossijskij kardiologicheskij zhurnal*, **4 (84)**, 115 (2012).
20. Stefanovska A., Bracic M. Physics of the human cardiovascular system, *Contemporary Physics*, **40**, **1**, 31 (1999).
21. Naumova A.A. Vlijanie glutoksima I moliksana na vnutrikletochnuju koncentraciju Ca^{2+} v makrofagah: rol' kaskada metabolizma arahidonovoj kisloty I aktinovogo citoskeleta. Dissertacija 03.01.02, biofizika. Sankt-Peterburg, 103 (2017).

УДК 612.444:612.741

ВЛИЯНИЕ ТИРЕОИДНОГО СТАТУСА НА МОЩНОСТЬ, РАЗВИВАЕМУЮ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕЙ БЕЛЫХ КРЫС В ДИНАМИКЕ ИЗОТОНИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ

Соболев В. И.¹, Труш В. В.²

¹Гуманитарно-педагогическая академия (филиал) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Ялта, Республика Крым, Россия

*²ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», Донецк, Украина
E-mail: v.sobolev@mail.ru*

Результаты изучения динамики показателя мощности, развиваемой скелетной мышцей белых крыс при изотоническом сокращении, показали, что тиреоидный статус оказывает выраженное влияние на один из основных функциональных параметров сократительного акта – его мощность. Выявлены качественные различия между характером действия гипертиреоза и выраженного тиреотоксикоза на исследуемый показатель. При экспериментальном гипертиреозе легкой степени выраженности функциональные возможности скелетной мышцы в сравнении с эутиреозом существенно возрастают, что выражается в способности скелетной мышцы развивать более высокую мощность (+34 %) за более короткое время (28 мс, или на 31 % быстрее); при тиреотоксикозе такой положительный эффект нивелируется, сменяясь на прямо противоположный: значение максимально развиваемой мощности было на 72 % ниже контрольного уровня, а время достижения пика составляло 52 мс, или 40 % длиннее контрольного уровня. Делается заключение, что при легкой степени выраженности экспериментального гипертиреоза функциональные характеристики скелетной мышцы существенно возрастают, в то время как при тяжелой степени выраженности тиреотоксикоза, наоборот – ухудшаются, что связано с заменой физиологических механизмов на патофизиологические.

Ключевые слова: гипертиреоз, тиреотоксикоз, мышца, мощность сокращения.

ВВЕДЕНИЕ

Функциональное состояние скелетной мышцы при различном тиреоидном статусе служило предметом многочисленных исследований [1–5]. Выявлены основные механизмы тиреоидного контроля сократительного акта. В ряде публикаций установлено, что тиреоидные гормоны являются одним из важных гормональных факторов, определяющих функциональные характеристики скелетной мышцы. Так, при экзогенном введении активных йодтиронинов ряд авторов наблюдали изменение эрготропных параметров сократительного акта – силы и скорости сокращения, способности к выполнению внешней работы, а также снижение к. п. д. сократительного акта [1, 2, 5, 6]. Отмечено, что при экспериментальном гипертиреозе наблюдаются изменения со стороны нервно-мышечной передачи: уменьшается латентный период генерации М-ответа, искажается его форма и продолжительность фаз [1, 7, 8]. Важным проявлением эффекта тиреоидных гормонов на скелетную мускулатуру является повышение

чувствительности к стимулирующему действию катехоламинов [7, 9]. Однако, несмотря на достаточно подробное изучение механизмов действия тиреоидных гормонов на функциональное состояние скелетной мышцы, ряд аспектов все еще остаются недостаточно изученными. В первую очередь это относится к проблеме различий между физиологическими и патофизиологическими эффектами гормонов щитовидной железы. Решение указанной проблемы возможно при сравнительном исследовании различных моделей измененного тиреоидного статуса – от эутиреоза и гипертиреоза слабой степени выраженности до выраженного тиреотоксикоза. Сравнительное изучение характера влияния гипертиреоза и тиреотоксикоза тяжелой степени выраженности на состояние некоторых параметров сократительного акта послужило основой для постановки первой задачи настоящей работы.

Вторая задача нашей работы связана с исследованием одного из важнейших параметров эрготропной функции скелетной мышцы – мощности ее сокращения. Несмотря на ряд публикаций [1, 4, 9], выполненных в этом направлении, многие аспекты проблемы остаются недостаточно изученными. В частности, представляется важным исследование динамики мощности, развиваемой скелетной мышцей при сократительном акте.

Целью работы явилось проведение сравнительной оценки характера влияния различного тиреоидного статуса – от состояния эутиреоза до выраженного тиреотоксикоза на особенности динамики показателя мощности, развиваемой передней большеберцовой мышцей белых крыс при изотоническом сокращении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в соответствии с «Руководством по уходу и использованию лабораторных животных» (публикация Национального института здоровья № 85-23, США) и «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» [10].

Эксперименты выполнены на 3-х группах взрослых беспородных белых крысах-самцах. Животным 1-й группы ($n=10$) в течение 4-х суток подкожно ежесуточно вводился 3,5,3'-трийодтиронин (трийодтиронин 50 Берлин-Хеми) в дозе 15 мкг/кг. Крысы 2-й группы ($n=10$) получали инъекции трийодтиронина в течение 10 сут, но в дозе 25 мкг/кг ежесуточно. Третья группа ($n=10$) служила контролем и совместно с животными опытных групп содержалась в условиях вивария при температуре 22...26 °С, получая стандартный корм и воду.

Объективными показателями различного тиреоидного статуса служили классические симптомы состояния гипертиреоза [4, 5] – гипертермия, тахикардия и гиперметаболизм (табл. 1). Измерение скорости потребления кислорода (мл/кг мин) проводили в открытой камерной системе с помощью газового анализатора «Radiometer» (Дания) в состоянии покоя, без наркоза, при естественной позе животного и в условиях термонейтральной зоны (для мелких грызунов 28–30 °С).

Хронотропную функцию сердца оценивали по частоте сердечных сокращений (уд/мин), которую измеряли с помощью электронного тахометра (по частоте R-зубцов электрокардиограммы). Во время регистрации частоты сокращений сердца животное без применения наркоза помещали в индивидуальную клеточку с

ЭКГ-электродами (латунными пластинами), встроенными в ее дно на уровне передних и задних лапок.

Ректальная температура измерялась ртутным термометром на глубине 3 см с ценой деления 0.5°C .

Таким образом, были сформированы три экспериментальные группы животных с различным тиреоидным статусом: легкая степень выраженности гипертиреоза (ГТ-группа), выраженный тиреотоксикоз (ТТ-группа) и эутиреоз (контроль, К-группа).

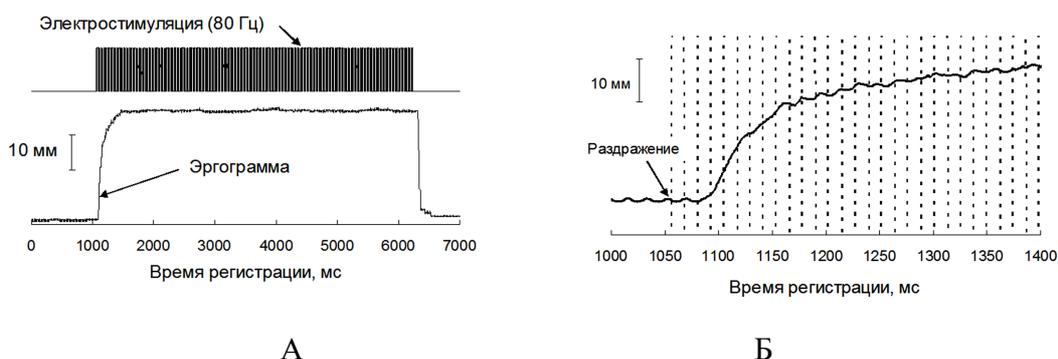


Рис. 1. Образцы записей эргограммы (А) и ее начального фрагмента (Б) при изотоническом сокращении передней большеберцовой мышцы крысы контрольной группы.

Примечание: на Б – вертикальные пунктирные линии указывают моменты нанесения электроимпульсов при стимуляции малоберцового нерва.

Поскольку, целью работы явилось выявление особенностей динамики показателя мощности, развиваемой скелетной мышцей в ходе изотонического сокращения, то для проведения необходимых расчетов предварительно регистрировалась эргограмма, на основании которой измерялась амплитуда метрического сокращения с грузом 100 г (Рис. 1, А и Б). Алгоритм вычисления динамики показателя мощности в процессе сокращения мышцы был следующим. Вначале, по данным эргограммы, строили вариационный ряд « Δh » с величиной кванта времени 12 мс. Затем, зная массу груза и « Δh , мм», рассчитывали показатель объема работы (« ΔA , мДж»), выполненной мышцей за каждые 12 мс. Наконец, вычисляли значение показателя мощности, развиваемой мышцей в каждый из интервалов времени 12 мс с последующим пересчетом в принятые величины «1 мдж/с = 1 мВт». Для практического расчета использовался фрагмент эргограммы длительностью 350 мс. Этого промежутка времени было достаточно для развития максимальной амплитуды изометрического сокращения мышцы. Наконец, строились графики зависимостей «Мощность сокращения, мВт – Время сокращения, мс» (Рис. 2).

Эргометрический канал экспериментальной установки был представлен датчиком углового перемещения (потенциометрический датчик ПТП1), усилителем тока и регистрирующим устройством (запоминающий осциллограф Tektronix TDS 2004С или

Siglent SDS 1062CM). Для раздражения малоберцового нерва, иннервирующего исследуемую мышцу, применяли электростимулятор прямоугольных электрических импульсов с оптронной гальванической развязкой и стабилизатором тока.

В ходе эксперимента наркотизированное с помощью внутривентриальной инъекции тиопентала (75 мг/кг) животное размещалось в станке установки. Далее препаровался малоберцовый нерв, иннервирующий переднюю большеберцовую мышцу (*m. tibialis anterior*). При раздражении нерва использовались электрические импульсы прямоугольной формы частотой 80 имп/с длительностью 100 мкс каждый при постоянной силе тока 500 мкА. Время раздражения составляло 5 с. При раздражении нерва мышца сокращалась и стопа задней лапки, соединенная стальной лигатурой с потенциометрическим датчиком, изгибалась, поднимая груз массой 100 г на высоту «*h*».

Цифровые данные обрабатывались с помощью стандартных методов вариационной статистики. Оценка различий между двумя выборочными средними величинами проводилась с помощью t-критерия Стьюдента при заданном уровне значимости $p < 0.05$. Статистические параметры рассчитывались с помощью пакета анализа Statistica 7.0 и Excel. В общем случае сравнение анализируемых показателей и статистическая оценка различий проводили общепринятыми методами, используемыми в вариационной статистике, на основании проверки нулевой и альтернативной гипотез.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе анализа представляет интерес характеристика экспериментальных моделей состояния экспериментального гипер- и тиреотоксикоза. Согласно литературным данным [4, 5], для оценки степени изменения тиреоидного статуса используются несколько физиологических показателей, но на практике, чаще всего, это ректальная температура, скорость потребления кислорода и частота сердечных сокращений. Из табл. 1 видно, что все три указанные показателя в группах ГТ и ТТ существенно превышали значения контроля. Кроме того, у животных с экспериментальным тиреотоксикозом (ТТ-группа), по данным исследуемых показателей, степень изменения тиреоидного статуса была существенно выше, чем в группе крыс с экспериментальным гипертиреозом. Таким образом, можно с уверенностью говорить, что эксперименты были проведены на животных с различным тиреоидным статусом – от эутиреоидного до выраженного тиреотоксикоза.

Основной задачей работы явилось выявление особенностей динамики показателя мощности, развиваемой скелетной мышцей белых крыс с различным тиреоидным статусом при изотоническом типе сокращения. С этой целью значение исследуемого параметра рассчитывалось последовательно за каждые 12 мс в течение 300 мс сократительного акта, что было достаточно для максимально возможного укорочения мышцы при ее сокращении. Рисунок 2 иллюстрирует динамику этого процесса у животных всех трех групп. Обращают на себя внимание следующие основные моменты (табл. 2).

Во-первых, тиреодный статус оказывал выраженное влияние на максимально возможное значение мощности (пик мощности), развиваемой передней большеберцовой мышцей при данных условиях эксперимента (исследование *in situ*, масса груза, частота и амплитуда импульсов стимулятора, не прямое раздражение мышцы и др.). Так, у животных с экспериментальным гипертиреозом пиковое значение мощности, развиваемой мышцей, было на 34,1 % больше в сравнении с контролем. С другой стороны, состояние тиреотоксикоза наоборот – сопровождалось выраженным снижением значения данного показателя на 72,1 %.

Таблица 1
Характеристика экспериментальных групп животных с различным тиреодным статусом

Характеристика модели тиреодного статуса	Группы экспериментальных животных		
	Контроль (К-группа)	Гипертиреоз (ГТ-группа)	Тиреотоксикоз (ТТ-группа)
Ректальная температура, °С	37.7±0,1	38.6±0.1 (+0.9±0.14)*	39.9±0.3 (+2.1±0.31)*
Скорость потребления кислорода, мл/кг/мин	23.5±0,2	28.5±0.2 (+21 %)*	33.1±0.4 (+40 %)*
Частота сердечных сокращений, уд/мин	417±3	490±4 (+73±5)*	569±6 (+152±7)*

Примечание: в круглых скобках приведены различия соответствующего показателя по отношению к контрольной группе; * – различия статистически достоверны ($p < 0,05$).

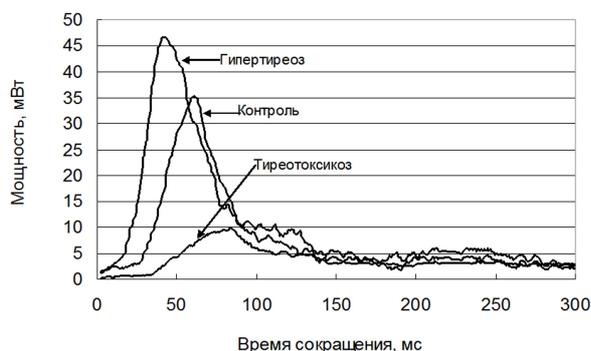


Рис. 2. Динамика показателя мощности, развиваемой скелетной мышцей белых крыс с разным тиреодным статусом при изотоническом сокращении.

Примечание. Графики построены на основании анализа 15720 точек оригинальных цифровых записей 10 эргограмм; шаг квантования при построении итогового графика составлял 12 мс.

Во-вторых, тиреодный статус оказывал влияние на динамику развития максимальной мощности сокращения (табл. 2). Так, значение времени развития 50 % максимальной мощности для мышцы крыс ГТ-группы было на 30,7 % короче, чем у животных контрольной группы. При состоянии тиреотоксикоза величина данного показателя, наоборот – была выше на 27,4 %. Имели место определенные различия и со стороны второго параметра сократительного акта – «Время падения мощности на 50 % от максимальной величины». Так, по данным табл. 2 различия по сравнению с

ВЛИЯНИЕ ТИРЕОИДНОГО СТАТУСА НА МОЩНОСТЬ, РАЗВИВАЕМУЮ ...

контрольной, эутиреоидной, группой отмечены только для животных с экспериментальным тиреотоксикозом (66.8 %). Наконец, тиреоидный статус оказывал выраженное влияние на параметр «Время развития максимальной мощности при сокращении». Действительно, если скелетная мышца крыс контрольной группы была способна развивать максимальную мощность через 60.8 ± 6.1 мс, то мышца животных с экспериментальным гипертиреозом – уже через 42.1 ± 5.2 мс, или на 30.7 % быстрее. Состояние тиреотоксикоза существенно ослабляло функциональные возможности скелетной мышцы, что отражалось на удлинении времени развития максимально зарегистрированной мощности сокращения (+39.9 %).

Таблица 2
Динамика показателя мощности, развиваемой скелетной мышцей белых крыс разных групп при изотоническом сокращении

Показатель динамики мощности	Группы экспериментальных животных		
	Контроль (К-группа)	Гипертиреоз (ГТ-группа)	Тиреотоксикоз (ТТ-группа)
Максимальная мощность (пик мощности) при сокращении, мВт	34.9±2.3	46.8±2.9 (+34.1 %) *	9.7±0.6 (-72.1 %) *
Время развития 50 % максимальной мощности, мс	40.4±3.6	28.1±2.5 (-30.4 %) *	51.5±4.2 (+27.4 %) *
Время развития максимальной мощности при сокращении, мс	60.8±6.1	42.1±5.2 (-30.7 %) *	85.1±10.6 (+39.9 %) *
Время падения мощности на 50 % от максимальной величины, мс	80.6±5.6	67.9±6.7 (-15.7)	134.5±12.1 (+66.8 %) *

Примечание: в круглых скобках показаны различия относительно контрольной группы животных; * – различия статистически ($p < 0.05$) значимы.

Таким образом, результаты изучения динамики показателя мощности, развиваемой скелетной мышцей белых крыс при изотоническом сокращении, показали, что тиреоидный статус оказывает выраженное влияние на один из основных функциональных параметров сократительного акта – его мощность. Выявлены качественные различия между характером действия гипертиреоза и выраженного тиреотоксикоза на исследуемый показатель. При экспериментальном гипертиреозе слабой степени выраженности функциональные возможности скелетной мышцы существенно возрастают, что выражается в способности

скелетной мышцы развивать более высокую мощность; при тиреотоксикозе такой положительный эффект нивелируется, сменяясь на прямо противоположный, что связано с развитием патофизиологических механизмов действия токсических доз трийодтиронина.

В основе физиологических и патофизиологических эффектов тиреоидных гормонов лежат многочисленные механизмы, активирующиеся в разной степени и реализующиеся на разных уровнях организации нервно-мышечной системы. В исследованиях ряда авторов установлено, что тироксин и трийодтиронин изменяют плотность и влияют на многие параметры функционирования Na^+ -каналов, модулируют активность Na^+/K^+ -АТФазы плазматической мембраны и миозиновой АТФазы сократительного аппарата; возможно изменение средства актиновых нитей к ионам Ca^{2+} , плотности и функционального состояния Ca^{2+} -каналов мембраны саркоплазматического ретикулума, а также активности Ca^{2+} -насоса [11–15] в мышечном волокне и ключевых метаболических механизмов действия активных йодтиронинов [16–19]. В случае реализации приведенных и подобных им механизмов при экспериментальном гипертиреозе легкой степени выраженности можно ожидать улучшение параметров сократительного акта, в частности, мощности, развиваемой скелетной мышцей при сокращении.

Диаметрально противоположное влияние на эрготропную функцию скелетной мышцы оказывает выраженный тиреотоксикоз, что напрямую связано с токсическими эффектами высоких доз тиреоидных гормонов. Так, падение значения мощности, которую развивает мышца при изотоническом сокращении, может быть связано с нарушениями энергетического обмена мышцы [3–5, 16]. Такие нарушения возможны за счет "включения" механизмов деградации энергии – разобщения дыхания и фосфорилирования в дыхательной цепи, активацией натрий-калиевого и других насосов и др [3, 6, 14, 15, 18, 20]. В результате при сократительном акте скелетная мышца оказывается в условиях дефицита энергии, что отрицательно отражается на ее функциональных показателях, в том числе и на величине мощности сокращения.

Делается заключение, что при легкой степени выраженности экспериментального гипертиреоза функциональные характеристики скелетной мышцы существенно возрастают, в то время как при тяжелой степени выраженности тиреотоксикоза, наоборот – ухудшаются, что связано с заменой физиологических механизмов на патофизиологические.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Тиреоидный статус оказывает выраженное влияние на максимально возможное значение мощности (пик мощности), развиваемой передней большеберцовой мышцей белых крыс при выбранных в работе условиях эксперимента. Установлено, что у животных с экспериментальным гипертиреозом пиковое значение мощности, развиваемой мышцей при изотоническом сокращении, было на 34.1 % больше в сравнении с контролем, а при состоянии тиреотоксикоза наоборот – на 72.1 % меньше.

2. Скелетная мышца крыс контрольной, эутиреоидной, группы при изотоническом типе сокращения была способна развивать максимальную мощность через 60.8 ± 6.1 мс, а мышца животных с экспериментальным гипертиреозом – уже через 42.1 ± 5.2 мс, или на 30.7 % быстрее. Состояние тиреотоксикоза существенно ослабляло функциональные возможности скелетной мышцы, что отражалось на удлинении времени развития максимально зарегистрированной мощности сокращения (+39.9 %).
3. Тиреоидный статус оказывал влияние на динамику развития максимальной мощности сокращения. Значение времени развития 50 % максимальной мощности для мышцы крыс с легкой степенью гипертиреоза было на 30.7 % короче, чем у животных контрольной группы; при состоянии тиреотоксикоза величина данного показателя, наоборот – была выше на 27.4 %.
4. Делается заключение, что при легкой степени выраженности экспериментального гипертиреоза функциональные характеристики скелетной мышцы существенно возрастают, в то время как при тяжелой степени выраженности тиреотоксикоза, наоборот – ухудшаются, что связано со сменой физиологических механизмов действия трийодтиронина на патофизиологические.

Список литературы

1. Соболев В. И. Зависимость функциональных параметров сокращения скелетной мышцы крыс от уровня циркулирующего трийодтиронина / В. И. Соболев // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2016. – Т. 102, № 11. – С. 1369–1382.
2. Соболев В. И. Особенности тиреоидной регуляции физиологических функций в пределах эутиреоидной зоны / В. И. Соболев // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2017. – Т. 3 (69), № 3. – С. 131–146.
3. Zhang J. The mechanism of action of thyroid hormones / J. Zhang, M. A. Lazar // Annual Review of Physiology. – 2000. – Vol. 62, No 8. – P. 439–466.
4. Гольбер Л. М. Патогенез двигательных расстройств при тиреотоксикозе / Г. А. Гайдина, В. Я. Игнатков, М. Н. Алиев / Под ред. Л. М. Гольбера. – М.: Медицина, 1980. – 208 с.
5. Патогенез двигательных расстройств при тиреотоксикозе / Л. М. Гольбер, Г. А. Гайдина, В. Я. Игнатков / Под ред. Л. М. Гольбера. – М.: Медицина, 1980. – 208 с.
6. Соболев В. И. Влияние 2,4-динитрофенола на температурный эффект мышечного сокращения при экспериментальном гипертиреозе / В. И. Соболев, М. С. Махсудов, Л. Г. Мерхелевич и др. // Физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 1995. – Т. 81, No 3. – С. 80–84.
7. Соболев В. И. Характер действия адреналина на латентный период М-ответа скелетной мышцы крыс в зависимости от уровня циркулирующего трийодтиронина / В. И. Соболев // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2016. – Т. 2 (68), № 2. – С. 58–69.
8. Sobolev V. I. Frequency Dependence of Parameters of the M Response of the Rat M. Tibialis in the Norm and in Experimental Hyperthyroidism and Hypercorticism / V. I. Sobolev, V. V. Trush, K. A. Litvyak, I. N. Morozova // Neurophysiology. – 2015. – Vol. 47, № 1. – P. 53–60.
9. Труш В. В. Модулирующее влияние адреналина на развитие стероидной миопатии у белых крыс, индуцированной длительным введением гидрокортизона / В. В. Труш, В. И. Соболев // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2017. – Т. 61, № 4. – С. 104–111.
10. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / А. Н. Миронова, Н. Д. Бунатян (ред.), Минздрав РФ, ЗАО «Гриф и К», Москва, 2012.

11. Warnick P. R. Rabbit skeletal muscle sarcoplasmic reticulum Ca²⁺-ATPase activity: stimulation in vitro by thyroid hormone analogues and bipyridines / P. R. Warnick, P. J. Davis, F. B. Davis et al. // *Biochem. Biophys. Acta.* – 1993. – Vol. 1153. – P. 184–190.
12. Sayen M. R. Thyroid hormone response of slow and fast sarcoplasmic reticulum Ca²⁺-ATPase mRNA in striated muscle / M. R. Sayen, D. K. Rohrer, W. H. Dillmann // *Molecular and Cellular Endocrinology.* – 1992. – Vol. 87, No 2. – P. 87–93.
13. Simonides W. S. Thyroid hormone differentially affects mRNA levels of Ca-ATPase isozymes of sarcoplasmic reticulum in fast and slow skeletal muscle / W. S. Simonides, G. C. van der Liden, C. van Hardeveld // *FEBS Letters.* – 2009. – Vol. 274, No 2. – P. 73–76.
14. Wang Yong G. Acute exposure to thyroid hormone increases Na⁺ current and intracellular Ca²⁺ in cat atrial myocytes / Yong G. Wang, Elena N. Dedkova, Jon P. Fiening // *J. Physiol.* – 2003. – Vol. 546, No 2. – P. 491–499.
15. Brodie C. Characterization of thyroid hormone effects on Na-K pump and membrane potential of cultured rat skeletal myotubes / C. Brodie, S. R. Sampson // *Endocrinology.* – 1988. – No 2. – P. 891–897.
16. Davis P. J. Cellular actions of thyroid hormone / In: Braverman L. E., Utiger R.D. (eds). *The Thyroid.* – Philadelphia: J.B. Lippincott, 1991. – P. 190–203.
17. Davis P. J. Nongenomic actions of thyroid hormone / P. J. Davis, F. B. Davis // *Thyroid.* – 1996. – №6. – P. 497–504.
18. Edelman M. D. Thyroid thermogenesis / M. D. Edelman // *N. Engl. J. Med.* – 1974. – Vol. 290, No 23. – P. 1303–1308.
19. Hulbert A. J. Thyroid hormones and their effects: a new perspective / A. J. Hulbert // *Biological review of the Cambridge Philosophical Society.* – 2000. – Vol. 75, No 4. – P. 519–631.
20. Труш В. В. Влияние длительного применения дексаметазона на электрофизиологические параметры скелетной мышцы крыс в покое и при развитии утомления / В. В. Труш, В. И. Соболев // *Клиническая и экспериментальная фармакология.* – 2018. – Т. 81, № 5. – С. 21–26.

INFLUENCE OF THE THYROID STATUS ON THE POWER DEVELOPED BY THE SKELETAL MUSCLE OF WHITE RATS IN THE DYNAMICS OF ISOTONIC CONTRACTION

Sobolev V. I.¹, Trush V. V.²

¹*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Yalta, Russia*

²*Donetsk national university, Donetsk, Ukraine*

E-mail: v.sobolev@mail.ru

The mechanisms of thyroid regulation of physiological functions are the subject of numerous studies. The basic mechanisms of thyroid control of the contractile act are established. A number of publications have shown that thyroid hormones are one of the important hormonal factors that determine the functional characteristics of skeletal muscle. Despite a detailed study of the mechanisms of the action of thyroid hormones on the functional state of the skeletal muscle, a number of aspects still remain poorly understood. This primarily relates to the problem of differences between the physiological and pathophysiological effects of thyroid hormones. The decision to this problem is possible with a comparative study of various models of altered thyroid status - from euthyroidism and mild hyperthyroidism to severe thyrotoxicosis.

The aim of the work was to conduct a comparative assessment of the character of the influence of various thyroid status – from the state of euthyroidism to severe thyrotoxicosis on the characteristics of the dynamics of the power indicator developed by the *m. tibialis anterior* of white rats with isotonic contraction.

The experiments were conducted on 3 groups of adult white male rats. Animals of the 1st group (n = 10) were injected subcutaneously daily with 3,5,3'-triiodothyronine (triiodothyronine 50 Berlin-Chemie) at a dose of 15 µg/kg for 4 days. Rats of the 2nd group (n = 10) received injections of triiodothyronine for 10 days, but at a dose of 25 µg/kg daily. The third group (n = 10) was the control (euthyroid status). In rats of all groups, the index of the power of skeletal muscle contraction was measured in the dynamics of isotonic contraction with a weight of 100 g.

It is shown that thyroid status has a pronounced effect on the dynamics of the skeletal muscle power index during isotonic contraction. It was established that there are qualitative differences between the character of the action of insignificant hyperthyroidism and severe thyrotoxicosis on the studied parameter. In experimental mild hyperthyroidism, the functional capabilities of the skeletal muscle increase significantly compared with euthyroidism. This is expressed in the ability of the skeletal muscle to develop higher power (+34 %) in a shorter time (28 ms), which was 31 % faster than in control rats. With severe thyrotoxicosis, such a positive effect disappears and is replaced by the exact opposite. The value of the maximum developed power was 72 % lower than the control level, and the time to reach the peak was 52 ms, or 40 % longer than the control level. It is concluded that with a mild severity of experimental hyperthyroidism, the functional characteristics of the skeletal muscle increase significantly, while with a severe severity of thyrotoxicosis, on the contrary, they worsen. This is due to the replacement of physiological mechanisms by pathophysiological.

Keywords: hyperthyroidism, thyrotoxicosis, muscle, contraction power.

References

1. Sobolev V. I. Zavisimost' funkcional'nyh parametrov sokrashcheniya skeletnoj myshcy krysa ot urovnya cirkuliruyushchego trijodtironina, *Russ. fiziol. zhurnal im. I. M. Sechenova*, **102**, 11 (2016).
2. Sobolev V. I. Osobennosti tireoidnoj regulyatsii fiziologicheskikh funktsij v predelakh eutireoidnoj zony, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Seriya «Biologiya, himiya»*, **3**, 69 (2017).
3. Zhang J., Lazar M. A. The mechanism of action of thyroid hormones, *Annual Review of Physiology*, **62**, 8 (2000).
4. Gol'ber L. M. Patogenez dvigatel'nyh rasstrojstv pri tireotoksikoze, Pod red. L. M. Gol'bera, (M.: Medicina, 1980).
5. Patogenez dvigatel'nyh rasstrojstv pri tireotoksikoze, Pod red. L. M. Gol'bera, (M.: Medicina, 1980).
6. Sobolev V. I., Mahsudov M. S., Merhelevich L. G. i dr. Vliyanie 2,4-dinitrofenola na temperaturnyj effekt myshechnogo sokrashcheniya pri eksperimental'nom gipertireoze, *Fiziol. zhurn. im. I. M. Sechenova*, **81**, 3 (1995).
7. Sobolev V. I. Harakter dejstviya adrenalina na latentnyj period M-otveta skeletnoj myshcy krysa v zavisimosti ot urovnya cirkuliruyushchego trijodtironina, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Seriya «Biologiya, himiya»*, **2 (68)**, 3 (2016).
8. Sobolev V. I., Trush V. V., Litvyak K. A., Morozova I. N. Frequency Dependence of Parameters of the M Response of the Rat *M. Tibialis* in the Norm and in Experimental Hyperthyroidism and Hypercorticism, *Neurophysiology*, **47**, 1 (2015).

9. Trush V. V., Sobolev V. I. Moduliruyushchee vliyanie adrenalina na razvitie steroidnoj miopatii u belyh krysov, inducirovannoj dlitel'nym vvedeniem gidrokortizona, *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*, **61**, 4 (2017).
10. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv, A. N. Mironova, N. D. Bunatyan (red.), (Moskva, 2012).
11. Warnick P. R., Davis P. J., Davis F. B. et al. Rabbit skeletal muscle sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} -ATPase activity: stimulation in vitro by thyroid hormone analogues and bipyridines, *Biochem. Biophys. Acta*, **1153**, (1993).
12. Sayen M. R., Rohrer D. K., Dillmann W. H. Thyroid hormone response of slow and fast sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} -ATPase mRNA in striated muscle, *Molecular and Cellular Endocrinology*, **87**, 2 (1992).
13. Simonides W. S., van der Liden G. C., van Hardeveld C. Thyroid hormone differentially affects mRNA levels of Ca-ATPase isozymes of sarcoplasmic reticulum in fast and slow skeletal muscle, *FEBS Letters*, **274**, 2 (2009).
14. Wang Yong G., Elena N. Dedkova, Jon P. Fiening Acute exposure to thyroid hormone increases Na^+ current and intracellular Ca^{2+} in cat atrial myocytes, *J. Physiol*, **546**, 2 (2003).
15. Brodie C., Sampson S. R. Characterization of thyroid hormone effects on Na-K pump and membrane potential of cultured rat skeletal myotubes, *Endocrinology*, 2 (1988).
16. Davis P. J. Cellular actions of thyroid hormone, In: Braverman L. E., Utiger R. D. (eds). *The Thyroid* (Philadelphia: J.B. Lippincott, 1991).
17. Davis P. J., Davis F. B. Nongenomic actions of thyroid hormone, *Thyroid*, 6, (1996).
18. Edelman M. D. Thyroid thermogenesis, *N. Engl. J. Med.*, **290**, 23 (1974).
19. Hulbert A. J. Thyroid hormones and their effects: a new perspective, *Biological review of the Cambridge Philosophical Society*, **75**, 4 (2000).
20. Trush V. V., Sobolev V. I. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya deksametazona na elektrofiziologicheskie parametry skeletnoj myshcy krysa v pokoe i pri razvitiy utomleniya, *Klinicheskaya i eksperimental'naya farmakologiya*, **81**, 5 (2018).

УДК 796.8; 616

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-173-196

ПАУЭРЛИФТИНГ КАК СРЕДСТВО ОЗДОРОВЛЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

**Чайка А. В.^{1,2}, Фомченко К. А.¹, Нагаева Е. И.¹, Хусаинов Д. Р.^{1,2}, Голинач О. В.²,
Яценко И. Ю.², Смаилова Э. Э.²**

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

²*ГБПОУ «Крымское среднее профессиональное училище (техникум) олимпийского резерва», с. Краснолесье, Симферопольский район, Россия*

E-mail: andrew.chajka@yandex.ru

Среди субъектов Российской Федерации (РФ) Крым и Севастополь демонстрируют высокую заболеваемость патологиями системы кровообращения, превышая средний уровень по стране в 1,5–2 раза. Вызывает беспокойство, что уязвимыми являются не только пенсионеры, но и люди трудоспособного возраста. Ко всему прочему, в Крыму актуальна проблема юношеского ожирения, а результаты ГТО и отношение населения к этому мероприятию нельзя назвать удовлетворительными.

Пауэрлифтинг хорошо зарекомендовал себя как метод для профилактики и коррекции различных патологий, начиная уже со школьного возраста. При этом, уровень развития пауэрлифтинга в Крыму по-прежнему остаётся низким. Эту проблему можно решить, в том числе, внедрением теоретических и практических занятий в школах и вузах, подготовкой квалифицированных тренеров, открытием спортивных клубов, информационной поддержкой в СМИ.

Ключевые слова: пауэрлифтинг, Крым, гипертония, саркопения, вредные привычки.

ВВЕДЕНИЕ

Современный взгляд на проблему здоровья рассматривает его как позитивную концепцию, подчеркивающую социальные и личные ресурсы, а также физические возможности, доступные человеку. Здоровье – это не цель жизни, а средство для её осуществления [1]. Отсутствие болезней или инвалидности не является достаточным условием для достижения состояния хорошего здоровья, в силу того, что это понятие комплексное и многоуровневое. Анализ общего состояния здоровья населения РФ, проводимый в последние годы, создает основания для серьезных опасений, т. к. наблюдается устойчивый тренд по его падению, интенсивность которого нарастает и затрагивает все возрастные группы [2].

Одной из причин падения уровня здоровья населения называют увеличение доли людей пожилого возраста. И действительно, согласно прогнозам ООН, численность пожилого населения к 2050 году будет составлять примерно 2 млрд человек: 22 % будет старше 60 лет и около 5 % будет старше 80 лет. По мере старения общества, заболеваемость и ограничения физических возможностей также

увеличатся [3], что неизбежно приводит к статистическому проседанию уровня здоровья населения планеты и отдельных государств. Но, к сожалению, всё не так просто – пожилые люди в современных экономических условиях занимают в обществе относительно маргинальное социокультурное положение. Ограничение в физической работоспособности, набора социальных ролей и культурных форм активности сужает рамки их образа жизни [4]. Для решения данной проблемы предлагается осмыслить категорию «активное долголетие» [5].

Ситуация, описанная для пожилого населения, вполне закономерна, и характерна для всех развитых стран мира. Но самым тревожным элементом являются быстро ухудшающиеся показатели здоровья молодого и даже детского населения многих стран, в том числе и РФ. Так, в России за 2000–2010 гг. общая заболеваемость детей в возрасте от 0 до 14 лет увеличилась на 31 % [6], а согласно Государственному докладу о положении детей в Российской Федерации в 2010 году, лишь 21 % школьников относился к группе полностью здоровых. В гимназиях и лицеях, где дети подвергаются дополнительной учебной нагрузке, и того хуже – до 80 % учащихся имеют множественные и полисистемные нарушения состояния здоровья [7].

Здоровье молодёжи, особенно студентов, определяет здоровье нации в целом, а значит, влияет на потенциал этой нации во всех сферах деятельности. Однако медики констатируют, что в последнее время общее состояние здоровья студентов вузов, как и всей молодёжи, ухудшилось. Полноценный учебный процесс в образовательном учреждении невозможен без создания здоровьесберегающей среды для обучающихся [8]. Совершенно ошибочно возлагать всю или большую часть ответственности за здоровье населения на систему здравоохранения. По мнению экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), вклад медицинской помощи и наследственных факторов в здоровье составляет не более 30 %, тогда как 50 % – это здоровый образ жизни, под которым понимают набор индивидуальных практик, норм и личных поведенческих установок, ведущий к улучшению здоровья. К ним, как минимум, относят отказ от потребления алкоголя и табака, правильное питание и физическую активность [9]. Значит, укрепление здоровья – это не только обязанность сектора здравоохранения, а общественная общегосударственная задача с высоким уровнем индивидуальной ответственности. Нельзя быть здоровым в нездоровом обществе [10], поэтому сегодня национальным приоритетом является здоровый и образованный человек. Необходимо всемерно пропагандировать здоровый образ жизни, так как многие люди не умеют и не стремятся быть здоровыми [11]. Практический опыт доказывает, что проблема создания среды здоровьесбережения может решаться с использованием средств, методик и технологий физической культуры и спорта [12], в том числе и пауэрлифтинга, хорошо зарекомендовавшего себя как массовый вид спорта [13, 14]. Для раскрытия сущности этого вопроса нами были поставлены следующие задачи:

1. Охарактеризовать здоровье жителей Крымского полуострова.
2. Предложить пауэрлифтинг как один из способов решения проблемы оздоровления населения Крыма.
3. Охарактеризовать степень развития пауэрлифтинга в Крыму как вида спорта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С целью охарактеризовать общее состояние здоровья крымчан были проанализированы:

а) данные по заболеваемости сердечно-сосудистой (ССС) (инсульт, ишемическая болезнь сердца, эссенциальная гипертензия) и дыхательной систем, а также ожирению из Статистического ежегодного сборника Минздрава РФ за 2014–2017 гг [15];

б) данные по эпидемиологии деменции (когнитивные функции) согласно ВОЗ [16], Минздраву РФ [17] и Alzheimer's Association [18];

в) данные по эпидемиологии саркопении в мире [19, 20];

г) распространённость курения, наркомании [21], токсикомании и алкоголизма [22]; смертность по данным Федеральной службы государственной статистики [23].

д) результаты внедрения и проведения комплекса ГТО [24].

Для оценки пользы пауэрлифтинга как средства профилактики и коррекции различных патологических состояний был проведён детальный анализ литературных источников по этому вопросу, принимая в расчёт также и эффект силовых тренировок в целом.

Степень развития пауэрлифтинга была оценена путём анализа отчётов Министерства спорта Республики Крым «Сведения о физической культуре и спорте» за 2014–2018 гг. [25]. Проанализированы научные источники, посвящённые популяризации пауэрлифтинга среди различных возрастных групп населения.

Визуализация данных осуществлена с помощью программы GraphPad Prism 8.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным ВОЗ, одной из ведущих причин смертности населения в экономически развитых странах мира являются сердечно-сосудистые заболевания. В официальной статистике России эти заболевания обозначаются болезнями системы кровообращения (БСК). Несмотря на снижение показателей смертности от БСК начиная с 2003 г., смертность от этих заболеваний в стране остается на достаточно высоком уровне [26].

Рассмотрим подробнее динамику заболеваемости БСК, эссенциальной гипертензией (ЭГ), ишемической болезнью сердца (ИБС) и инсультом (рис. 1–2).

Крым и Севастополь за период 2014–2017 гг стабильно входят в топ-5 субъектов РФ с самой высокой общей заболеваемостью БСК, превышая средний уровень по стране в 1,5–2 раза. Немного лучше обстоят дела и при рассмотрении некоторых болезней ССС в отдельности. В частности, по ЭГ Крым за искомый период не поднимался выше 11 места, а по ИБС и вовсе, вместе с Севастополем, уверенно удерживают наихудшие позиции, превышая общероссийский уровень заболеваемости в 2,5–3,5 раза. По статистике инсультов с 2016 года Крым стал входить в топ-10 самых проблемных регионов. Некоторые положительные тенденции, наблюдаемые в Севастополе, в отличие от остальной части крымского полуострова, к сожалению, не меняют общую отрицательную картину заболеваемости. Особенно печально, что уязвимыми являются люди трудоспособного (18–55/60 лет) возраста, а не только пенсионеры, как принято считать.

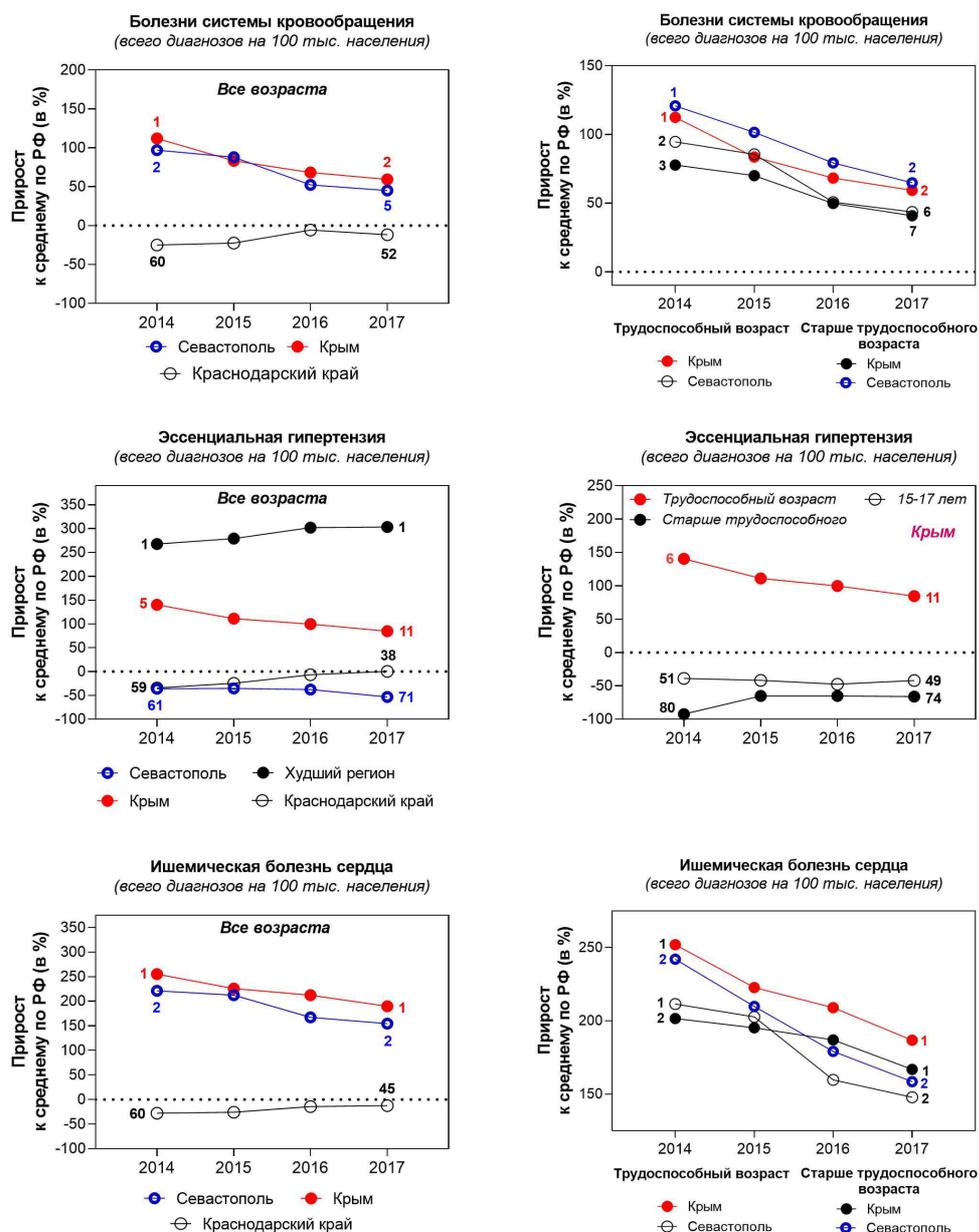


Рис. 1. Эпидемиология БСК, ЭГ и ИБС в Крыму и Севастополе.

Примечания: за ноль принят средний уровень по РФ; цифрами на графике обозначены места в общероссийском рейтинге субъектов, где 1 – худший результат, 85 – лучший.

Анализируя данные по заболеваемости ожирением (рис. 3), видно, что ситуация в целом по полуострову Крым является благоприятной, однако, динамика по группе

людей возрастом 15–17 лет носит негативный характер – 20-е место по стране в 2017 году. Таким образом, проблема ожирения в данном регионе стоит наиболее остро именно у молодёжи, которая уже в ближайшее время станет способна заводить семью и служить в армии, что не может не беспокоить.

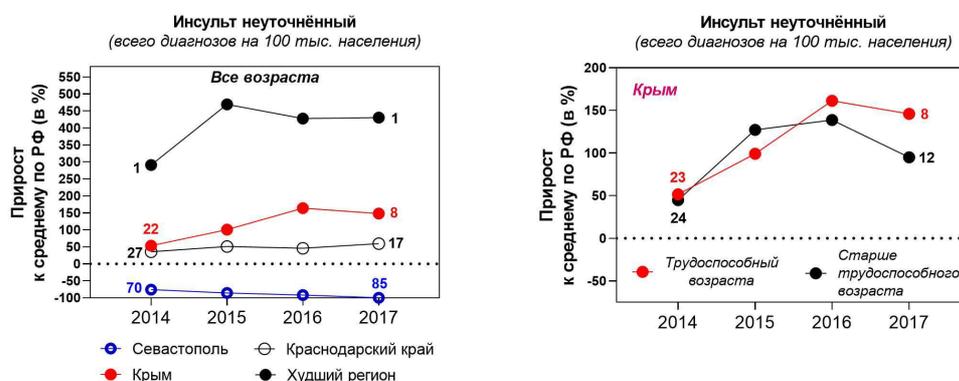


Рис. 2. Эпидемиология по инсульту в Крыму и Севастополе.

Примечания: см. рис. 1.

В случае с заболеваниями дыхательной системы, крымчане показывают одни из лучших результатов по РФ, однако, по острому ларингиту и трахеиту, весьма неожиданно, ситуация ухудшается, и с 2014 по 2017 г наблюдается падение на 19 пунктов, до уровня выше среднего по стране (см. рис. 3).

Суммируя всё вышеуказанное, не сложно прийти к выводу, что состояние здоровья населения Крыма и Севастополя имеет множество точек для коррекции. Важно отметить, что почти во всех случаях, показатели соседнего региона, Краснодарского края, выглядят предпочтительнее.

Помимо региональных тенденций, стоит обратить внимание и на проблемы, затрагивающие государство, а также мир в целом – деменцию и саркопению. Болезнь Альцгеймера, и деменция как один из её типичных симптомов, достаточно долго были вне поле зрения отечественной системы здравоохранения. Главными причинами являются проблемы с постановкой диагноза и бюрократическая путаница, когда по данным ВОЗ в РФ таких людей 2 млн, а по официальной статистике Минздрава – 8,8 тыс. [17]. Борьба с деменцией и саркопенией – одна из приоритетных задач в области мирового здравоохранения, и, разумеется, что крымский полуостров не должен оставаться в стороне. Рассмотрим ключевые моменты проблемы:

1. Распространённость деменции среди людей старше 60 лет во всём мире составляет 5–8 % [18].

2. В РФ деменцией страдают, по разным источникам, от 1,5 до 2 млн человек [17, 18]. Однако, только 5 % из них получают соответствующий уход и лечение, что

является типичной картиной для стран с доходом населения не выше среднемирового [17].

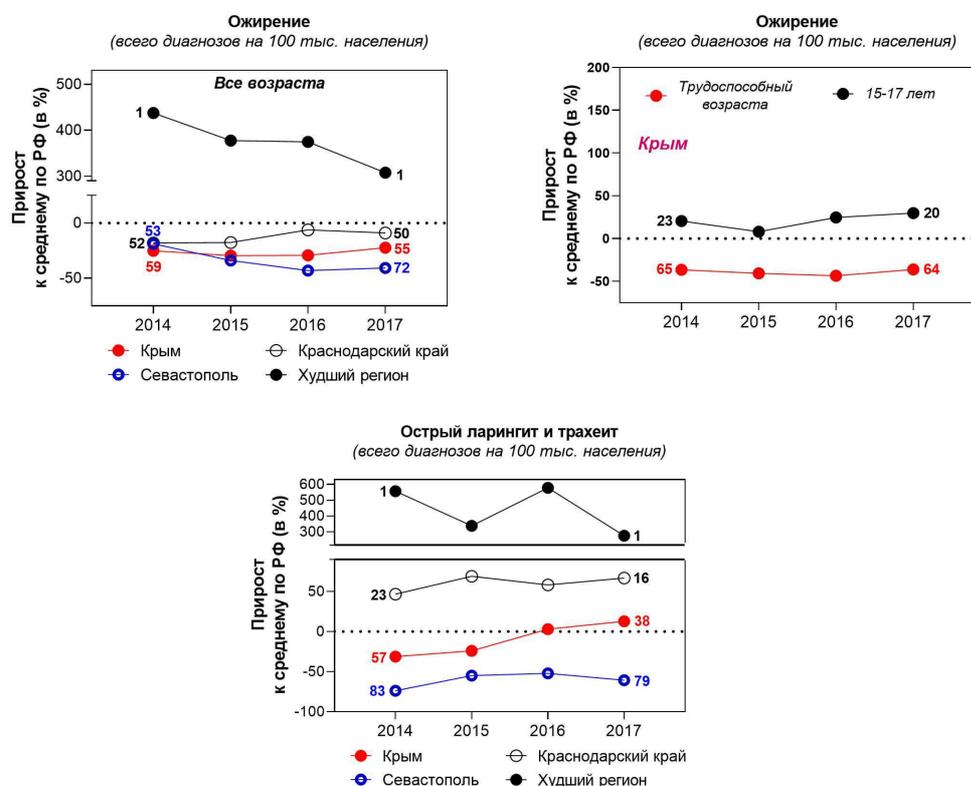


Рис. 3. Эпидемиология ожирения, острого ларингита и трахеита в Крыму и Севастополе.

Примечания: см. рис. 1.

3. На будущие годы прогнозируется рост численности людей, имеющих деменцию, и в богатых странах он будет наименьшим, а в бедных – наибольшим. По оценкам экспертов к 2030 году этим синдромом будут поражены 82 млн, а к 2050 – 152 млн человек [18].

4. По данным американского Центра по контролю и профилактике заболеваний, саркопения – это один из пяти основных факторов риска заболеваемости и смертности у лиц старше 65 лет [20].

5. Саркопенией страдают до 13 % людей 60–70 лет, и до 50 % людей старше 80 лет [19].

Ещё одной актуальной сферой современного здоровьесбережения является борьба с табакокурением, алкоголизмом, наркоманией и токсикоманией (рис. 4) [27–30].



Рис. 4. Эпидемиология табакокурения, алкоголизма, наркомании и токсикомании.

Главным затруднением в плане статистики выступает подсчёт реального количества людей, которые нуждаются в помощи. Нередко люди скрывают свои вредные привычки и не становятся на учёт в диспансерах, что создаёт ложную картину отсутствия проблемы и, нередко, даже положительной динамики.

Дополнительно был проведён анализ результатов ГТО по Крыму и Севастополю, дабы оценить эффективность внедрения программы и заинтересованность молодёжи в укреплении здоровья методами физической культуры (рис. 5). Как видно из графика, не более 2 % населения региона воспринимают ГТО как нечто значимое в их жизни, при том, что 1/3 зарегистрировавшихся так и не приняла участие в итоговой сдаче нормативов, а медали получили около половины тестируемых людей. Не удивительно, что Крым и Севастополь в ГТО занимают одни из худших позиций по стране.

Таким образом, в исследуемом регионе остро стоит проблема здоровьесбережения, которую, по нашему мнению, можно решить в том числе и с помощью пауэрлифтинга.

Пауэрлифтинг имеет ряд преимуществ перед другими видами спорта:

- а) доступность – нет гендерных ограничений и жёстких возрастных рамок, техническая простота выполнения упражнений [31], а также возможность заниматься людям с ограниченными физическими способностями [32–34];
- б) малый уровень травматизма [31, 35];

в) быстрый рост результатов – силовое троеборье вовлекает в работу большое количество мышц и благодаря этому позволяет быстрее достигать успехов, чем при занятии другими видами силового спорта [36, 37];

г) в отличие от боевых искусств, пауэрлифтинг не вызывает значительного роста личностной агрессивности [38, 39].

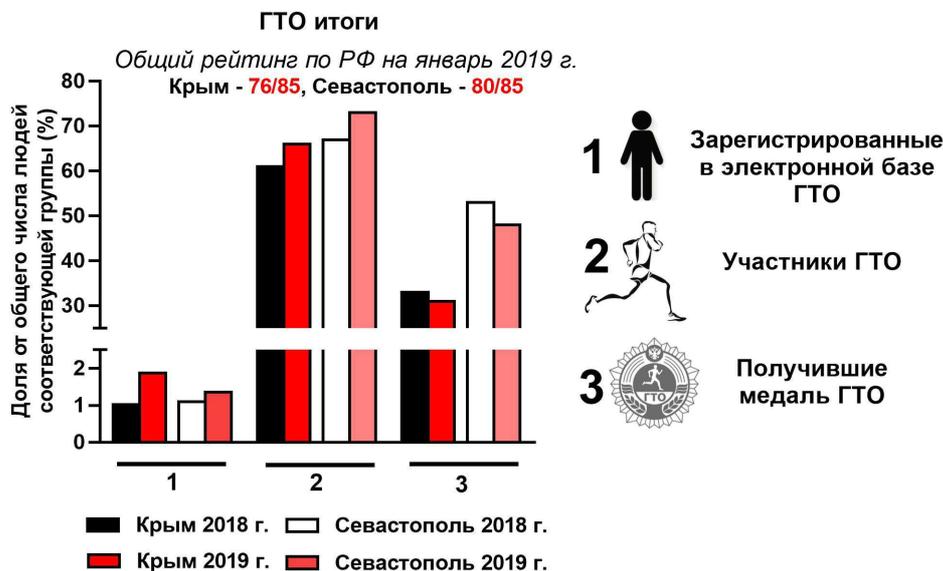


Рис. 5. Итоги ГТО на полуострове Крым.

Пауэрлифтинг помогает здоровым людям в развитии силовых качеств [14, 40, 41], воспитании морально-волевых черт личности [42] и даже улучшении успеваемости в школе и вузе [43, 44]. Пауэрлифтинг также хорошо себя зарекомендовал как способ подготовки к ГТО [45, 46] и формирования качественных кадров для спецподразделений силовых структур, органов внутренних дел, армии и МЧС [31, 47].

Помимо улучшения самочувствия и качества жизни, тренировки с отягощением оказывают благотворное влияние при хронических заболеваниях, таких как ожирение и диабет, лёгочных и сердечно-сосудистых патологиях, и обладают защитным эффектом от старения. Вот почему физическая активность рекомендуется в качестве дополнительной терапии при этих заболеваниях, а также полезна для пациентов с нейродегенеративными патологиями (табл.). Регулярные физические упражнения положительно влияют на ССС и улучшают работу сердечной и скелетной мышц, а также энергетический обмен и функционирование сосудов [48].

Отмечая положительное влияние пауэрлифтинга на здоровье человека, мы хотим акцентировать внимание на том, что не рассматриваем и не предлагаем этот

вид спорта в качестве безальтернативно лучшего варианта, и рекомендуем сочетание аэробных и анаэробных нагрузок, как наиболее сбалансированный подход для улучшения психического и физического состояния организма [79]. Важно не забывать и о том, что физические нагрузки стоит вводить в свою жизнь постепенно и аккуратно, под руководством специалистов, ведь известно, что резкий переход от сидячего образа жизни к физической активности и неправильный расчёт нагрузок, увеличивает риск инфаркта до 10 раз, а внезапной смерти до 17 раз [56].

Таблица

Полезьа физических нагрузок при различных патологиях

	Аэробные нагрузки	Анаэробные (в т. ч. силовые) нагрузки	Пауэрлифтинг	Литература
<i>Ожирение</i>	+++	+	+	49–56
<i>Саркопения</i>	+	+++	+++	57–63
<i>Болезни ССС</i>	+++	+	+	56, 60, 64–70
<i>Когнитивные функции</i>	++	+		71–74
<i>Курение</i>	++	—	+++	75–76
<i>Алкоголизм</i>	—	—	+++	76–77
<i>Наркомания</i>	—	—	+++	77–78

Примечание: количество «+» определяет силу положительного эффекта; прочерк – нет данных.

Таким образом назревает логичность развития пауэрлифтинга как вида спорта на полуострове Крым. Однако, на практике, ситуация является далёкой от оптимальной (рис. 6) – с 2014 по 2018 гг. общее количество спортсменов в регионе возросло практически вдвое, однако, процентная доля пауэрлифтеров, и без того небольшая, только снизилась до совсем незначительных 0,71 %.

Детально развитие пауэрлифтинга по городам и районам Крыма представлено на рисунке 7. Из положительных тенденций стоит отметить рост популярности пауэрлифтинга среди женщин, но, в целом, преобладают негативные моменты. Например, в Симферополе количество пауэрлифтеров с 2014 по 2018 г упало на 49 %, а в Феодосии, хотя силовое троеборье и демонстрирует положительную динамику роста участников, но общее количество спортсменов уменьшилось на 29 %. Особняком стоит кадровая проблема в тренерской сфере – всего лишь 9 штатных работников официально зарегистрировано по состоянию на 2018 г., т.е. по 64 занимающихся на каждого. Это наводит на мысли, что некоторые тренеры работают внештатно (или даже полужулегално, т.к. не имеют соответствующей квалификации), а часть спортсменов занимается по собственной программе. Так или

иначе, это чревато неправильными методами тренировок и повышением общего уровня травматизма.

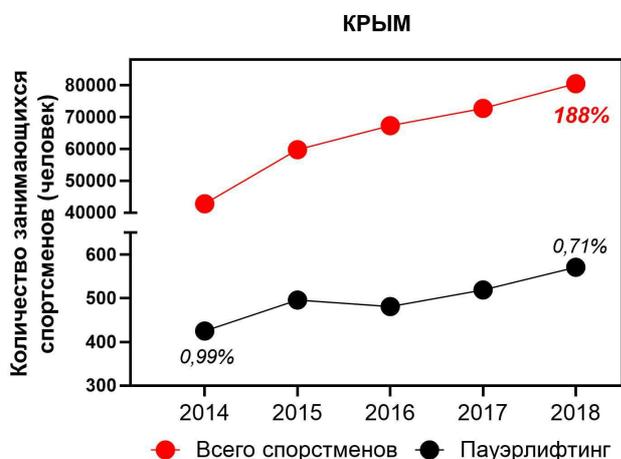


Рис. 6. Количество занимающихся пауэрлифтингом в Крыму.
Примечание: в % указано увеличение количества спортсменов (сверху) и доля среди них пауэрлифтеров (внизу).



Рис. 7. Статистика занимающихся пауэрлифтингом в Крыму по гендерному признаку.
Примечание: цифрами обозначено количество спортсменов, а % – доля каждого из полов.

Исходя из этих данных, становится очевидным, что пауэрлифтинг в Крыму остро нуждается в популяризации среди населения и поддержке от

республиканского Министерства спорта. Мы предлагаем обратить внимание на несколько путей для решения этой задачи на практике.

Известно, что 22 % детей от 5 до 18 лет не посещают вообще никакие кружки, в т. ч. и спортивные [44], а студенты вузов занимаются спортом не системно, пропускают занятия, а после окончания курса физкультуры вообще бросают любые физические упражнения. Для студенческого возраста также характерен низкий уровень занятий на дому [80] и общая неудовлетворённость университетской программой по физкультуре [81]. В тоже время, пауэрлифтинг набирает популярность в РФ [82] и, согласно результатам различных опросов, многие студенты высказались за внедрение пауэрлифтинга в вузовскую программу по физической культуре [32, 81, 83]. Физическое воспитание в вузах не выдерживает критики и требует реформирования методами современных популярных видов спорта, таких как пауэрлифтинг [84]. Показательно, что методический базис для таких изменений уже заложен в научной литературе, однако им, по каким-то причинам, не достаточно активно пользуются на практике. Уже существуют методические рекомендации к отбору новичков [85], проведению практических занятий по пауэрлифтингу в вузе [86–88] и подготовке квалифицированных тренеров [89]. Не стоит забывать, что пауэрлифтингом могут заниматься не только студенты факультета физического воспитания, но и любых других специальностей [35]. В спортивных секциях нередко наблюдается отток занимающихся через некоторое время, особенно среди людей, не привыкших к физическим нагрузкам, однако, в ходе одного из опросов было показано, что после годичного курса пауэрлифтинга из изначальных 28,6 %, считавших что «силовые упражнения не для меня», осталось только 2 % [84]. Это ещё один аргумент в пользу внедрения силового троеборья в вузовскую программу.

Согласно Стратегии развития физической культуры и спорта в РФ [90] необходимо достичь 80 % доли студентов, которые регулярно занимаются физической культурой, при этом до 70 % вузов должны иметь спортивные клубы. Необходимо стремиться к тому, чтобы такие клубы были интегрированы в общую систему воспитания здорового и спортивного населения всех возрастов [91]. Спортивные клубы не должны ограничиваться узким контингентом студентов, а расширять свою деятельность и на преподавателей вузов, и даже обычных жителей региона, стремящихся быть здоровыми. Начальным этапом такой системы должен выступать школьный период. Да, известно, что силовые упражнения не рекомендуют для детей моложе 12 лет, однако, изометрические упражнения без отягощения [42] и теоретическую подготовку можно начинать намного раньше. Методическая основа для пауэрлифтинга в школе также неплохо разработана [37, 92–94].

Пауэрлифтинг – это молодой вид спорта, и его нужно популяризировать [95] различными методами. Начинать этот процесс можно уже со старшего дошкольного и младшего школьного возраста. Например, рассказывая историю о великом силаче Иване Максимовиче Поддубном [96] и об успехах наших пауэрлифтеров на международной арене, поясняя что такие достижения престижны для спортсмена и являются общенациональным достоянием [95]. Такие информационные лекции-

беседы, как оказывается, могут иметь положительный эффект даже среди студентов [35].

За пауэрлифтингом будущее, а российские пауэрлифтеры одни из сильнейших в мире [97], поэтому нам следует активнее и эффективнее развивать то, в чём мы успешны, и что позволяет формировать национальную идею о здоровом образе жизни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Здоровье жителей Крымского полуострова вызывает беспокойство в связи с высокими показателями заболеваемости сердечно-сосудистыми патологиями среди работоспособного населения и юношеским ожирением. Остро для всей страны в целом стоят проблемы наркомании, алкоголизма, деменции и саркопении.
2. Пауэрлифтинг хорошо зарекомендовал себя как способ борьбы с различными патологиями и средство общего укрепления здоровья, начиная со школьного возраста.
3. Пауэрлифтинг выгодно отличается от многих других видов спорта своей доступностью, малым уровнем травматизма и быстрым ростом спортивных результатов.
4. Уровень развития пауэрлифтинга в Крыму по-прежнему остаётся на низком уровне. Эту проблему можно решить, в том числе, внедрением теоретических и практических занятий в школах и вузах, подготовкой квалифицированных тренеров и открытием спортивных клубов.

Для инфографики были использованы изображения, находящиеся в свободном доступе на clipart-library.com, askdrllloyd.com, caak.mn, efdreams.com, slovenskenovice.si.

Список литературы

1. McCartney G. Defining health and health inequalities / G. McCartney, F. Popham, R. McMaster, A. Cumbers // Public health. – 2019. – Vol. 172. – P. 22–30.
2. Доброхлеб В. Г. Активное долголетие как проблема современной молодежи / В. Г. Доброхлеб // Народонаселение. – 2012. – № 4 (58). – С. 87–91.
3. Tieland M. Skeletal muscle performance and ageing / M. Tieland, I. Trouwborst, B. C. Clark // Journal of cachexia, sarcopenia and muscle. – 2018. – Vol. 9, № 1. – P. 3–19.
4. Егорова М. С. Медицина будущего, качество жизни и активное долголетие / М. С. Егорова, Н. П. Боженко, О. Д. Пожарская // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–7. – С. 1085–1088.
5. Макиенко М. А. Проблемы и перспективы сохранения качества жизни пожилых людей в Российской Федерации / М. А. Макиенко // Вестник науки Сибири. – 2015. – № 1 (16). – С. 29–39.
6. Копейкина Н. А. Проблемы сохранения здоровья школьников / Н. А. Копейкина // Проблемы развития территории. – 2012. – Т. 60, № 4. – С. 44–52.
7. Безруких М. М. Здоровье школьников, проблемы, пути решения / М. М. Безруких // Сибирский педагогический журнал. – 2012. – № 9. – С. 11–16.

8. Бобылева О. В. Состояние здоровья студенческой молодежи как социально-экологическая проблема / Бобылева, О. В. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2013. – Т. 18, № 3. – С. 852–854.
9. Засимова Л. С. Формирование здорового образа жизни у российской молодежи: возможности и ограничения государственной политики (по материалам выборочных исследований) / Л. С. Засимова, М. Г. Колосницына // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2011. – № 4. – С. 116–129.
10. The Lancet Editorial What is health? The ability to adapt // The Lancet. – 2009. – Vol. 373. – P. 781.
11. Ионов А. А. Актуальные проблемы формирования здорового образа жизни студентов / А. А. Ионов, Н. Н. Софронов // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2009. – № 4 (13). – С. 64–69.
12. Евсеев В. В. Физическая культура в создании среды здоровьесбережения / В. В. Евсеев, Л. М. Волкова, Е. Г. Поздеева / Стратегические направления реформирования вузовской системы физической культуры // Сб. научных трудов V Всерос. научно-практ. конф. с международным участием. – Санкт-Петербург: СПбПУ им. Петра Великого, 2018. – С. 19–22.
13. Минов М. Ю. Влияние занятий пауэрлифтингом на состояние здоровья студентов / М. Ю. Минов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 3 (54). – С. 215–218.
14. Сан Ж. Ц. Использование пауэрлифтинга как способа мотивации к занятиям физического воспитания студентов высших учебных заведений / Ж. Ц. Сан, Е. Н. Школа // Научный часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 15: Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт). – 2015. – № 11. – С. 134–136.
15. Министерство здравоохранения РФ. Статистические материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rosminzdrav.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i-informatsionnye-materialy/statisticheskie-materialy> (дата обращения 25.01.2020).
16. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). Исполнительный комитет. Сто тридцать девятая сессия EB139/3. Пункт 6.1 предварительной повестки дня (29 апреля 2016 г.) Деменция. Доклад Секретариата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB139/EB139_3-ru.pdf (дата обращения 15.02.2020).
17. Ковачич Е. Минздрав России игнорировал болезнь Альцгеймера из-за неверной статистики [Электронный ресурс] / Е. Ковачич // ИА REGNUM. – Режим доступа к статье: <https://regnum.ru/news/innovatio/2514205.html> (дата обращения 25.02.2020).
18. Alzheimer's Association. Болезнь Альцгеймера и деменция в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.alz.org/ru/%D0%B4%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BD%D1%8C_%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B3%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0-%D0%A0%D0%BE%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%8F.asp (дата обращения 20.02.2020).
19. Безденежный А. В. Саркопения: распространенность, выявление и клиническое значение / А. В. Безденежный, А. Н. Сумин // Клиническая медицина. – 2012. – Т. 90, № 10. – С. 16–23.
20. Калинин С. Ю. Саркопения: эпидемиология, этиопатогенез, клиника, диагностика, лечение / С. Ю. Калинин, И. А. Тюзиков, Л. О. Ворслов, Ю. А. Тишова // Эффективная фармакотерапия. – 2015. – № 27. – С. 56–65.
21. Пресс-служба президента РФ / ТАСС. Путин констатировал рост числа несовершеннолетних наркоманов в РФ на 60 % [Электронный ресурс] / Заседание Совбеза РФ от 28 апреля 2017. – Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/4220430> (дата обращения 24.02.2020).
22. Федеральная служба государственной статистики. Российский статистический ежегодник 2018 / под ред. А. Е. Суринова. – М., 2018. – 694 с.
23. Федеральная служба государственной статистики. Смертность населения по причинам смерти в 2018 году: Российская Федерация (редакция от 17.12.2019) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gks.ru/storage/mediabank/demo24-2.xls>
24. Рейтинг ГТО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gto.ru/document> (дата обращения 19.01.2020).

25. Федеральное статистическое наблюдение № 1-ФК «Сведения о физической культуре и спорте» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://msport.rk.gov.ru/ru/structure/617> (дата обращения 28.01.2020).
26. Чазова И. Е. Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями: проблемы и пути их решения на современном этапе / И. Е. Чазова, Е. В. Ощепкова // Вестник Росздравнадзора. – 2015. – № 5. – С. 7–10.
27. Звездина П. Каждый пятый россиянин оказался заядлым курильщиком [Электронный ресурс] / РБК. – 2019. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/society/23/03/2019/5c9399119a79478d27cb75d0> (дата обращения 26.01.2020).
28. Опрос GATS: Российская Федерация. Глобальный опрос взрослого населения о потреблении табака: краткий обзор, 2016 г [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://static-1.rosminzdrav.ru/system/attachments/attaches/000/036/485/original/GATS-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82-%D1%80%D1%83%D1%81.pdf?1511269867 (дата обращения 25. 02. 2020).
29. ВЦИОМ. Курение: о достаточности мер регулирования [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=1788> (дата обращения 25. 02. 2020).
30. Голенко А. Сколько алкоголиков в Крыму [Электронный ресурс] / Милли Фирка. – 2015. – Режим доступа: <http://milli-firka.org/%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE-%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE-%D0%B2-%D0%B2-%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%BC%D1%83/> (дата обращения 25.02.2020).
31. Минов М. Ю. Пауэрлифтинг как эффективное средство развития физических качеств и укрепления здоровья студентов / М. Ю. Минов // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева. – 2010. – № 2. – С. 47–51.
32. Гарипова А. З. Готовность студентов к введению пауэрлифтинга в учебный процесс вуза / А. З. Гарипова / Под ред. Ф. Р. Зотовой [и др.] // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития системы подготовки спортивного резерва в преддверии XXXI Олимпийских игр в Рио-Де-Жанейро» (Казань, 26-27 ноября 2015 г.). – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2015. – С. 522–524.
33. Одаренко И. В. Пауэрлифтинг как средство социальной адаптации людей с нарушенным зрением / И. В. Одаренко, В. Г. Саенко, Ю. М. Полулященко // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции с международным участием «Медицинское образование XXI века: компетентностный подход и его реализация в системе непрерывного медицинского и фармацевтического образования» (Витебск, 15 декабря, 2017). – Витебск: ВГМУ, 2017. – С. 583–588.
34. Петрокович Н. А. Пауэрлифтинг и детский церебральный паралич: возможности реабилитации в старшем возрасте / Н. А. Петрокович // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 2. – С. 55–59.
35. Разживин О. А. Развитие пауэрлифтинга в студенческой среде (на примере ЕГПУ) / О. А. Разживин, К. Р. Муртазина, С. Р. Шарифуллина // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2010. – № 4 (17). – С. 71–73.
36. Гарипова А. З. Побуждающие факторы формирования интереса к занятиям пауэрлифтингом / А. З. Гарипова // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 34, № 2. – С. 61–63.
37. Томашевская М. А. Развитие силовых способностей старшеклассников средствами пауэрлифтинга / М. А. Томашевская, Т. Н. Кочеткова / Под общ. ред. С. С. Чернова // Сборник материалов XXXI Международной научно-практической конференции «Обучение и воспитание: методики и практика 2016/2017 учебного года» (Новосибирск, 27 января – 07 февраля 2017 г.). – Новосибирск: ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2017. – С. 162–166.
38. Абдрашитов Р. Х. Влияние различных видов спорта на психофизическое состояние подростков / Р. Х. Абдрашитов, В. М. Малосиева, Д. С. Дудин // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т. 3, № 2. – С. 161.
39. Бугаевский К. А. Изучение проявлений и уровня агрессивности и враждебности у девушек, занимающихся единоборствами и атлетическими видами спорта / К. А. Бугаевский // Молодой ученый. – 2017. – № 7. – С. 150–154.
40. Макарьев И. В. Влияние пауэрлифтинга на организм спортсмена и развитие его силовых способностей / И. В. Макарьев // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2017. – Т. 2, № 3. – С. 25–29.

41. Пинженин И. А. Подготовка мастеров силового тоеборья в северном регионе РФ / И. А. Пинженин // Ученые записки Российского государственного социального университета. – 2010. – № 10 (86). – С. 174–180.
42. Череп З. П. О роли пауэрлифтинга как силового вида искусства для мужчин и женщин / З. П. Череп, Т. А. Андреевко, М. И. Ситникова / Под гл. ред. С. Ю. Махова // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Наука-2020: Физическая культура, спорт, туризм: инновационные проекты и передовые практики» (Орёл, 28–29 апреля 2018 г.). – Орёл: МАБИВ, 2018. – № 2–2 (18). – С. 109–112.
43. Химич И. Пауэрлифтинг: перспективы развития как популярного секционного вида занятий в высших учебных заведениях / И. Химич // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2017. – № 12 (32). – С. 66–70.
44. Колесникова К. Шевели мозгами. Кружки и секции повышают оценки школьников [Электронный ресурс] / К. Колесникова // Российская газета – 2019. – Федеральный выпуск № 147 (7905). – Режим доступа: <https://rg.ru/2019/07/08/reg-szfo/sociologi-kruzhki-i-seksii-povyshaiut-uspevaemost-shkolnikov.html> (дата обращения 25. 02. 2020).
45. Волкова К. Р. Пауэрлифтинг: учебно-методическое пособие / К. Р. Волкова, Г. М. Лядокова, Р. Е. Петров, Д. А. Шатунов – Елабуга: Изд-во Елабужского института КФУ, 2016. – 112 с.
46. Гарипова А. З. Совершенствование подготовки студентов к сдаче нормативов комплекса ГТО при помощи средств пауэрлифтинга / А. З. Гарипова / Под общ. ред. Ф. Р. Зотовой // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов «Актуальные проблемы теории и практики физической культуры, спорта и туризма» (Казань, 20 апреля 2017). – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2017. – Т. 3 – С. 440–444.
47. Житницкий А. А. Особенности формирования учебно-тренировочных групп в детско-юношеских спортивных школах в условиях современности / А. А. Житницкий // Слобожанський науково-спортивний вісник. – 2015. – № 6. – С. 63–68.
48. Ventura-Clapier R. Potentiating exercise training with resveratrol / R. Ventura-Clapier // The Journal of Physiology. – 2012. – Vol. 590, № 14. – P. 3215–3216.
49. Al Saif A. Aerobic and anaerobic exercise training in obese adults / A. Al Saif, S. Alsenany // Journal of physical therapy science. – 2015. – Vol. 27, № 6. – P. 1697–1700.
50. Nowicka P. Physical activity – key issues in treatment of childhood obesity / P. Nowicka, C. E. Flodmark // Acta Paediatrica. – 2007. – Vol. 96. – P. 39–45.
51. Schmitz K. H. Strength training for obesity prevention in midlife women / K. H. Schmitz, M. D. Jensen, K. C. Kugler [et al.] // International journal of obesity. – 2003. – Vol. 27, № 3. – P. 326–333.
52. Elmahgoub S. M. The influence of combined exercise training on indices of obesity, physical fitness and lipid profile in overweight and obese adolescents with mental retardation / S. M. Elmahgoub, S. Lambers, S. Stegen [et al.] // European journal of pediatrics. – 2009. – Vol. 168, № 11. – P. 1327–1333.
53. Fonseca-Junior S. J. Physical exercise and morbid obesity: a systematic review / S. J. Fonseca-Junior, C. G. Sa, P. A. Rodrigues [et al.] // ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo). – 2013. – Vol. 26. – P. 67–73.
54. Geliebter A. Effects of strength or aerobic training on body composition, resting metabolic rate, and peak oxygen consumption in obese dieting subjects / A. Geliebter, M. M. Maher, L. Gerace [et al.] // The American journal of clinical nutrition. – 1997. – Vol. 66, № 3. – P. 557–563.
55. Харисов И. Д. Оценка показателей уровня физической подготовленности студентов, занимающихся пауэрлифтингом и стрит воркаутом / И. Д. Харисов, А. В. Ненашева, А. С. Аминов [и др.] // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 67–78
56. Williams M. A. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism / M. A. Williams, W. L. Haskell, P. A. Ades [et al.] // Circulation. – 2007. – Vol. 116, № 5. – P. 572–584.
57. Hong J. Y. Effects of 12 weeks aerobic. anaerobic combined exercise training on fitness, body composition, skeletal muscle index and blood lipid profiles in obese elderly women / J. Y. Hong, J. S. Oak // Korean J Obes. – 2013. – Vol. 22, № 1. – P. 30–38.
58. Vecchio L. D. The health and performance benefits of the squat, deadlift and bench press / L. D. Vecchio, H. Daewoud, S. Green // MOJ Yoga Physical Ther. – 2018. – Vol. 3, № 2. – P. 40–47.

59. Adams R. Strength training: a natural prescription for staying healthy and fit [Электронный ресурс] / R. Adams // GRC News. – 2003. – Vol. 22, № 1. – Режим доступа: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED481391.pdf> (дата обращения 27.02.2020).
60. Westcott W. L. Resistance training is medicine: effects of strength training on health / W. L. Westcott // Current sports medicine reports. – 2012. – Vol. 11, № 4. – P. 209–216.
61. Verdijk L. B. Skeletal muscle hypertrophy following resistance training is accompanied by a fiber type-specific increase in satellite cell content in elderly men / L. B. Verdijk, B. G. Gleeson, R. A. Jonkers [et al.] // Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences. – 2009. – Vol. 64, № 3. – P. 332–339.
62. Hanson E. D. Effects of strength training on physical function: influence of power, strength, and body composition / E. D. Hanson, S. R. Srivatsan, S. Agrawal [et al.] // Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association. – 2009. – Vol. 23, № 9. – P. 2627–2637.
63. Носков С. Н. Клиническое значение саркопении и миопении / С. Н. Носков, А. А. Заводчиков, А. А. Лаврухина [и др.] // Клиническая геронтология. – 2015. – Т. 21, № 5–6. – С. 46–50.
64. Collier S. R. Sex differences in the effects of aerobic and anaerobic exercise on blood pressure and arterial stiffness / S. R. Collier // Gender medicine. – 2008. – Vol. 5, № 2. – P. 115–123.
65. Patel H. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system / H. Patel, H. Alkhwam, R. Madanieh [et al.] // World journal of cardiology. – 2017. – Vol. 9, № 2. – P. 134–138.
66. Clarkson P. Exercise training enhances endothelial function in young men / P. Clarkson, H. E. Montgomery, M. J. Mullen [et al.] // Journal of the American College of Cardiology. – 1999. – Vol. 33, № 5. – P. 1379–1385.
67. Kim N. J. The Effect of Exercise Type on Cardiovascular Disease Risk Index Factors in Male Workers / N. J. Kim, S. I. Lee // Journal of Preventive Medicine and Public Health. – 2006. – Vol. 39, № 6. – P. 462–468.
68. Metkus Jr T. S. Exercise prescription and primary prevention of cardiovascular disease / T. S. Metkus Jr, K. L. Baughman, P. D. Thompson // Circulation. – 2010. – Vol. 121, № 23. – P. 2601–2604.
69. Figueroa A. Effects of diet and/or low-intensity resistance exercise training on arterial stiffness, adiposity, and lean mass in obese postmenopausal women / A. Figueroa, F. Vicil, M. A. Sanchez-Gonzalez [et al.] // American journal of hypertension. – 2013. – Vol. 26, № 3. – P. 416–423.
70. Jürgenson J. The effect of pre-seasonal strength training on central hemodynamics and cardiac function in elite powerlifting athletes / J. Jürgenson, M. Serg, P. Kampus [et al.] // Research Reports in Clinical Cardiology. – 2019. – Vol. 10. – P. 33–41.
71. Guitar N. A. The effects of physical exercise on executive function in community-dwelling older adults living with Alzheimer’s-type dementia: a systematic review / N. A. Guitar, D. M. Connelly, L. S. Nagamatsu [et al.] // Ageing research reviews. – 2018. – Vol. 47. – P. 159–167.
72. Lachman M. E. The effects of strength training on memory in older adults / M. E. Lachman, S. D. Neupert, R. Bertrand, A. M. Jette // Journal of aging and physical activity. – 2006. – Vol. 14, № 1. – P. 59–73.
73. Heyn P. C. Endurance and strength training outcomes on cognitively impaired and cognitively intact older adults: a meta-analysis / P. C. Heyn, K. E. Johnsons, A. F. Kramer // The Journal of Nutrition Health and Aging. – 2008. – Vol. 12, № 6. – P. 401–409.
74. Saá Guerra Y. Exercise and Alzheimer’s: The body as a whole / Y. Saá Guerra, S. Sarmiento Montesdeoca, J. M. García Manso [et al.] // Revista Andaluza de Medicina del Deporte. – 2017. – Vol. 10, № 3. – P. 120–124.
75. Marcus B. H. The efficacy of exercise as an aid for smoking cessation in women: a randomized controlled trial / B. H. Marcus, A. E. Albrecht, T. K. King [et al.] // Archives of internal medicine. – 1999. – Vol. 159, № 11. – P. 1229–1234.
76. Шадрин А. Н. Социально-психологические факторы выбора молодежью силовых видов спорта / А. Н. Шадрин, Е. В. Романова, Т. В. Дылкина [и др.] // Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта. – 2017. – № 4 (7). – С. 62–76.
77. Шилов И. А. Пауэрлифтинг как педагогическая система воспитания студенческой молодёжи / И. А. Шилов, Б. Керимбеков // Материалы Международной научно-практической конференции «Воспитательная работа в современном вузе», посвященной 75-летию Костанайского государственного педагогического института. – Костанай: КГПИ, 2014. – С. 457–460.

78. Куликова Т. М. Роль физкультурно-массовых мероприятий в формировании здорового образа жизни у студентов / Т. М. Куликова, Л. В. Чекулаева // Совершенствование учебного и тренировочного процессов в системе образования: сборник научных трудов под ред. Н. Н. Ключниковой [и др.] – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – С. 94–96.
79. Chan J. S. Y. The impact of obesity and exercise on cognitive aging / J. S. Y. Chan, J. H. Yan, V. G. Payne // *Frontiers in aging neuroscience*. – 2013. – Vol. 5, Art. 97. – P. 1–8.
80. Ковалева С. А. Формирование социальной активности студентов средствами физической культуры и спорта / С. А. Ковалева, Т. Д. Алиев, Н. Н. Кравченко // *Успехи современной науки и образования*. – 2017. – Т. 1, № 3. – С. 12–14.
81. Головачева О. А. Пауэрлифтинг или силовое троеборье. Популярность среди студенческой молодежи / О. А. Головачева // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Проблемы физической культуры, спорта и туризма в свете современных исследований и социальных процессов». – СПб: СПбГУПТД, 2017. – С. 31–34.
82. Прибылова В. В. Воздействие пауэрлифтинга на здоровье студентов / В. В. Прибылова, С. С. Петровский // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и общества в условиях инновационного развития» (21 марта 2018, Саратов). – Уфа: Омега Сайнс. – С. 243–245.
83. Гарипова А. З. Применение нетрадиционных видов физических упражнений в вузах / А. З. Гарипова, А. Н. Фаткуллова, Г. И. Юнусова // *Теория и практика современной науки*. – 2016. – № 6 (12). – С. 238–241.
84. Машинцов С. С. Роль пауэрлифтинга в формировании личностных качеств студентов вуза / С. С. Машинцов // Феномен спортивной культуры в аспекте философского, исторического и социально-педагогического анализа: научно-методические материалы и доклады Круглого стола 21 марта 2014 года / под. ред. А. А. Передельского; сост. И. Е. Евграфов. – М.: Физическая культура, 2014. – С. 40–42.
85. Павлов В. И. Экспериментальная модель отбора и подготовки новичков для занятий пауэрлифтингом среди студентов вуза / В. И. Павлов // *Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта*. – 2009. – № 11 (57). – С. 69–72.
86. Любимова А. С. Методики проведения практических занятий по специализации «пауэрлифтинг» в вузе / А. С. Любимова, М. М. Хаин // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Физическая культура, спорт, туризм: научно-методическое сопровождение»*. – Пермь: ПГГПУ, 2014. – С. 191–194.
87. Варушин А. В. Классический пауэрлифтинг в морском ВУЗе [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Варушин, Н. А. Попович, И. А. Кулакова. – Электрон, текстовые дан. (1,1 Мб). – СПб.: Научное издание, 2018. – 1 электрон, опт. диск (CD-ROM).
88. Ворожейкин О. В. Методика применения индивидуального подхода к развитию силы у спортсменов в пауэрлифтинге / О. В. Ворожейкин // *Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта*. – 2009. – № 9 (55). – С. 20–25.
89. Полулященко Ю. М. Подготовка тренеров по пауэрлифтингу в классическом университете / Ю. М. Полулященко, А. Н. Бычков, В. Г. Саенко [и др.] // *Физическая культура и спорт в системе высшего образования: материалы V Междунар. науч.-метод. конф в 2 т. Т. 1. Организация, проблемы и методические основы учебного процесса на кафедрах физического воспитания в вузах/ редкол.: Н. А. Красулина [и др.]* – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. – С. 207–210.
90. Минспорт России. Информационно-справочный материал «О деятельности региональных органов исполнительной власти по развитию физической культуры и спорта с учетом основных показателей, установленных Стратегией развития физической культуры и спорта в Российской Федерации на период до 2020 года». – 22 с.
91. Волкова К. Р. Спорт в студенческой среде как социальный феномен / К. Р. Волкова, О. А. Разживин // *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития современного студенческого спорта. Итоги выступлений российских спортсменов на Универсиаде-2013 в Казани»*. – Казань: Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, 2013. – С. 24–25.
92. Гордієнко Ю. В. Варіативний модуль «пауерліфтинг» для загальноосвітніх навчальних закладів з фізичної культури 7–9 класів / Ю. В. Гордієнко, Р. І. Літус // *Гуманітарний вісник Полтавського*

- національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Збірник наукових праць: педагогіка, філософія, фізичне виховання та спорт, філологія, історія. – 2017. – Вип. 1.– С. 238–245.
93. Саенко В. Г. Организация тренировочных занятий в пауэрлифтинге с юными спортсменами / В. Г. Саенко // Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (24 апреля 2014 г.) / отв. за вып. В.Ф. Воробьев. – Череповец: ФГБОУ ВПО ЧГУ, 2014. – С. 169–174.
 94. Стеценко А. І. Дитячо-юнацький пауерліфтинг у системі ДЮСШ / А. І. Стеценко // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – 2011. – № 10. – С. 84–88.
 95. Гарипова А. З. Особенности пауэрлифтинга как вида спорта / А. З. Гарипова // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 32, № 3. – С. 14–16.
 96. Овчинников Ю. Д. Кто он такой, силач? Расскажем детям вместе / Ю. Д. Овчинников, М. А. Жеребцова // Вопросы дошкольной педагогики. – 2015. – № 2 (02). – С. 35–37.
 97. Панков В. А. Адаптация сердечно-сосудистой системы к соревновательным упражнениям в пауэрлифтинге / В. А. Панков, Е. С. Тришин // Медико-биологические проблемы спорта. – 2010. – № 5. – С. 34–35.

THE HEALTH BENEFITS OF POWERLIFTING

***Chajka A. V.^{1,2}, Fomchenko K. A.¹, Nagaeva E. I.¹, Khusainov D. R.^{1,2}, Golinach O. V.²,
Yatsenko I. Yu.², Smailova E. E.²***

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

²*Krasnolesie Crimean College of Olympic Reserve, Simferopol district, Russian Federation*

E-mail: andrew.chajka@yandex.ru

The health of young people, especially students, determines the health of the nation as a whole, and therefore affects the potential of this nation in all areas of activity. However, doctors say that recently the general state of health of university students, as well as all young people, has worsened. A full-fledged educational process in an educational institution is impossible without creating a healthy environment for students. It is completely wrong to place all or most of the responsibility for public health on the health system. According to WHO experts, the contribution of medical care and hereditary factors to health is not more than 30 %, while 50 % is a healthy lifestyle, which is understood as a set of individual practices, norms and personal behaviors leading to better health. These include, at a minimum, refusal to consume alcohol and tobacco, proper nutrition and physical activity. This means that health promotion is not only the responsibility of the health sector, but a public national task with a high level of individual responsibility. You cannot be healthy in an unhealthy society, so today a healthy and educated person is a national priority. It is necessary to promote a healthy lifestyle in every way, since many people do not know how and do not strive to be healthy.

Among the subjects of the Russian Federation, Crimea and Sevastopol demonstrate a high incidence of pathologies of the circulatory system, exceeding the national average by 1.5–2 times. It is of concern that not only pensioners are vulnerable, but also people of working age. In addition, the problem of juvenile obesity is relevant in Crimea.

Undoubtedly, one of the most important factors of the nation's health is a healthy active lifestyle, in which sports activity plays a key role, including at the amateur level. For the effective popularization of sports among a wide range of people, a number of

components are important: technical equipment and accessibility of sports clubs, sections, etc.; staffing; information support, etc. Among other things, the type of sports activity that is popularized in society and is offered as a mass one is important. In a sports club aimed at individual sports activities, powerlifting retains a vivid and relevant position.

Powerlifting has established itself as a method for the prevention and correction of various pathologies: diseases of the cardiovascular system, obesity, sarcopenia, as well as improving cognitive functions and a way to combat smoking, alcoholism and drug addiction. At the same time, the level of development of powerlifting in the Crimea remains low. This problem can be solved, inter alia, by introducing theoretical and practical classes in schools and universities, training qualified trainers, opening sports clubs, and information support in the media.

Keywords: powerlifting, Crimea, hypertension, sarcopenia, substance use disorders.

References

1. McCartney G., Popham F., McMaster R., & Cumbers A. Defining health and health inequalities. *Public health*, **172**, 22 (2019).
2. Dobrokhleb V. G. Active longevity as a problem of the present-day youth, *Population (Narodonaselenie)*, 4 (58), 87 (2012) (In Russian).
3. Tieland M., Trouwborst I., & Clark B. C. Skeletal muscle performance and ageing. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, **9**(1), 3 (2018).
4. Egorova M. S., Bozhenko N. P. & Pozharskaya O. D. Medicine of the future, quality of life and active longevity, *Advances in current natural sciences (Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia)*, 1-7, 1085 (2015) (In Russian).
5. Makienko M. A. Problems and prospects of preserving the quality of life of elderly people in the Russian Federation, *Siberian journal of science (Vestnik nauki Sibiri)*, 1 (16), 29 (2015) (In Russian).
6. Kopeykina N. A. Problems of preserving schoolchildren's health, *Problems of territory development (Problemy razvitiia territorii)*, **60** (4), 44 (2012) (In Russian).
7. Bezrukikh M. M. School children's health: problems and solutions, *Siberian pedagogical journal (Sibirskii pedagogicheskii zhurnal)*, 9, 11 (2012) (In Russian).
8. Bobyleva O. V. State of health of student's youth as a social and ecological problem. *Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences (Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki)*, **18** (3), 852 (2013) (In Russian).
9. Zasimova L. S. & Kolosnitsyna M. G. Creation of the healthy lifestyle for Russian young people: possibilities and limits of the state policy (from the materials of the optional analysis), *Public administration issues (Voprosy gosudarstvennogo i munitsipalnogo upravleniia)*, 4, 116 (2011) (In Russian).
10. The Lancet Editorial. What is health? The ability to adapt, *The Lancet*, **373**, 781 (2009).
11. Ionov A. A. & Sofronov N. N. Actual problems of students' healthy life-style formation. *Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sports (Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoi kultury i sporta)*, 4 (13), 64 (2009) (In Russian).
12. Evseev V. V., Volkova L. M. & Pozdeeva E. G. Physical education in creation of health environment, *Strategic directions of reforming the higher education system of physical culture (Strategicheskie napravleniia reformirovaniia vuzovskoi sistemy fizicheskoi kultury)*, 19 (2018) (In Russian).
13. Minov M. Yu. Powerlifting influence on the student health status, *Bulletin of KSAU (Vestnik KRASGAU)*, 3 (54), 215 (2011) (In Russian).
14. San Zhen Qiang & Shkola E. N. Use powerlifting as a way of motivation to physical education of students of higher educational institutions, *Scientific Journal of National Pedagogical Dragomanov University. Series 15. Scientific and pedagogical problems of physical culture (physical culture and sports)*, 11, 134 (2015) (In Russian).

15. Ministry of Health of the Russian Federation. Statistical materials. URL: <https://www.rosminzdrav.ru/ministry/61/22/stranitsa-979/statisticheskie-i-informatsionnye-materialy/statisticheskie-materialy> (Retrieved 25.01.2020) (In Russian).
16. World Health Organization (WHO). Executive board. 139th session EB139/3. Provisional agenda item 6.1 (29 April 2016) Dementia. Report by the Secretariat. URL: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB139/B139_3-en.pdf (Retrieved 15.02.2020).
17. Kovachich E. Ministry of Health of Russian Federation ignored Alzheimer disease due to incorrect statistics. URL: <https://regnum.ru/news/innovatio/2514205.html> (Retrieved 25.02.2020) (2018).
18. Alzheimer's Association. Alzheimer's and Dementia in Russia. URL: <https://www.alz.org/ru/dementia-alzheimers-russia.asp> (Retrieved 20.02.2020).
19. Bezdenzhykh A. V. & Sumin A. N. Sarcopenia: prevalence, detection, clinical significance. *Clinical medicine (Klinicheskaja meditsina)*, **90** (10), 16 (2012) (In Russian).
20. Kalinchenko S. Yu., Tyuzikov I. A., Vorslov L. O. & Tishova Yu. A. Sarcopenia: Epidemiology, etiopathogenesis, clinical picture, diagnostics, treatment. *Effective pharmacotherapy (Effektivnaja farmakoterapija)*, 27, 56 (2015) (In Russian).
21. Press Service of the President of the Russian Federation / TASS (2017). Putin noted a 60% increase in the number of drug addicts in the Russian Federation / *Meeting of the Security Council of the Russian Federation* (April 28, 2017). URL: <https://tass.ru/obschestvo/4220430> (Retrieved 24.02.2020). (In Russian).
22. Federal State Statistics Service. *Russian Statistical Yearbook 2018*, 694 p. (Moscow, 2018) (In Russian).
23. Federal State Statistics Service. Mortality by causes of death in 2018: Russian Federation (revised on 17.12.2019). URL: <https://gks.ru/storage/mediabank/demo24-2.xls> (In Russian).
24. GTO Rating URL: <https://gto.ru/document> (Retrieved 19.01.2020) (2020) (In Russian).
25. Federal Statistical Observation No. 1-FC "Information on Physical Culture and Sport". URL: <https://msport.rk.gov.ru/ru/structure/617> (Retrieved 28.01.2020) (In Russian).
26. Chazova I. E. & Oschepkova E. V. The fight against cardiovascular diseases: problems and solutions at the present stage. *Newsletter of ROSZDRAVNADZOR (Vestnik ROSZDRAVNADZORA)*, 5, 7 (2015) (In Russian).
27. Zvezdina P. Every fifth Russian turned out to be a heavy smoker. *RBC*. URL: <https://www.rbc.ru/society/23/03/2019/5c9399119a79478d27cb75d0> (Retrieved 26.01.2020). (2019) (In Russian).
28. GATS (Global adult tobacco survey). Russian Federation 2016. URL: https://static1.rosminzdrav.ru/system/attachments/attaches/000/036/485/original/GATS-%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82-%D1%80%D1%83%D1%81.pdf?1511269867 (Retrieved 25.02.2020). (In Russian)
29. WCIOM Smoking: on the adequacy of regulatory measures. URL: <https://wciom.ru/index.php?id=236&uid=1788> (Retrieved 25.02.2020) (2017) (In Russian)
30. Golenko A. How many alcoholics are in Crimea. *Milli Firka*. URL: <http://milli-firka.org/%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BA%D0%BE-%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2-%D0%B2-%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%BC%D1%83/> (Retrieved 25.02.2020) (2015) (In Russian)
31. Minov M. Yu. Power-lifting as an effective means for developing physical qualities and strengthening students' health. *Bulletin of Krasnoyarsk State Pedagogical University (Vestnik Krasnoyarskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta im V. P. Astafeva)*, 2, 47 (2010) (In Russian).
32. Garipova A. Z. Readiness of students for the introduction of powerlifting in the educational process of a university. *Abstracts of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Modern Problems and Prospects for the Development of a Sports Reserve Training System on the Eve of the XXXI Olympic Games in Rio De Janeiro"*, ed. by F. R. Zotova [et al.], p. 522. (GAFKSiT, Kazan, 2015) (In Russian).
33. Odarenko I. V., Saenko V. G. & Poluliashchenko Yu. M. Powerlifting as a means of social adaptation of people with impaired vision. *Proceedings of the Republican scientific-practical conference with international participation "Medical education of the XXI century: competency-based approach and its*

- implementation in the system of continuing medical and pharmaceutical education”, p. 583 (VGMU, Vitebsk, 2017) (In Russian).
34. Petrokovich N. A. Powerlifting and cerebral spastic infantile paralysis: possibilities for rehabilitation in older age. *Sports science bulletin (Vestnik sportivnoi nauki)*, 2, 55 (2010) (In Russian).
 35. Razzhivin O. A., Murtazina K. R. & Sharifullina S. R. Development of powerlifting among students (by the example of EGPU). *Pedagogical-psychological and medico-biological problems of physical culture and sports (Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoi kultury i sporta)*, 4 (17), 71 (2010) (In Russian).
 36. Garipova A. Z. Inducement formation of interest to employment powerlifting. *Modern problems and ways of their solution in science, transport, production and education*, 34 (2), 61 (2014) (In Russian).
 37. Tomashevskaya M. A. & Kochetkova, T. N. Development of the power abilities of high school students by means of power lifting. *Proceedings of the XXXI International Scientific and Practical Conference “Education and Training: Methods and Practice of the 2016/2017 School Year”* by ed. S. S. Chernov, p. 162 (Center for the Development of Scientific Cooperation, Novosibirsk, 2017) (In Russian).
 38. Abdrashitov R. Kh. Malosieva V. M. & Dudin D. S. Influence of various sports on the psychophysical state of adolescents. *Bulletin of medical Internet conferences (Biulleten meditsinskikh Internet-konferentsii)*, 3 (2), 161 (2013) (In Russian).
 39. Bugaevskiy K. A. Study of manifestations and level of aggressive and hospitality of girls, working with battle single combats and athletic sports. *Young scientist (Molodyi vchenyi)*, 7, 150 (2017) (In Russian).
 40. Makaryev I. V. The Development of strength abilities in powerlifting and its effect on the body. *Physical culture. Sport. Tourism. Motor recreation (Fizicheskaiia kultura. Sport. Turizm. Dvigatelnaia rekreatsiia)*, 2 (3), 25 (2017) (In Russian).
 41. Pinzhenin I. A. Training of powerlifting masters in the northern region of the Russian Federation. *Scientific notes of the Russian state social University (Uchenye zapiski Rossiiskogo gosudarstvennogo sotsialnogo universiteta)*, 10 (86), 174 (2010) (In Russian).
 42. Cherep Z. P., Andreenko T. A. & Sitnikova M. I. On the role of powerlifting as a power of the art form for men and women. *Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference “Science 2020: Physical Culture, Sports, Tourism: Innovative Projects and Best Practices”* ed. by S. Yu. Makhov, p. 109 (MABIV, Orel, 2018).
 43. Khimich I. Perspectives for development as a popular sectional type of occupation in higher educational institutions. *Actual scientific research in the modern world (Aktualnye nauchnye issledovaniia v sovremennom mire)*, 12 (32), 66 (2017) (In Ukrainian).
 44. Kolesnikova K. Get your brains out of neutral. Mugs and sections enhance students' grades. *Russian Gazette (Rossiyskaya gazeta)*, 147 (7905). URL: <https://rg.ru/2019/07/08/reg-szfo/sociologi-kruzhki-i-sekcii-povyshaiut-uspevaemost-shkolnikov.html> (Retrieved 25.02.2020) (2019) (In Russian).
 45. Volkova K. R., Ldokova G. M., Petrov R. E. & Shatunov D. A. *Powerlifting: educational guide*, 112 p. (Publishing house of the Elabuga Institute of KFU, Elabuga, 2016) (In Russian).
 46. Garipova A. Z. Improving the preparation of students for passing the standards of the GTO complex with the help of powerlifting. *Proceedings of the V All-Russian scientific-practical conference of young scientists, graduate students, undergraduates and students “Actual problems of the theory and practice of physical education, sports and tourism”*, ed. by F. R. Zotova, 3, 440 (GAFKSiT, Kazan, 2017).
 47. Zhytnitskyi A. Features of the formative educational training groups in Youth sports schools in terms of our time. *Slobozhanskyi herald of science and sport (Slobozans`kij naukovo-sportivnij visnik)*, 6, 63 (2015).
 48. Ventura-Clapier R. Potentiating exercise training with resveratrol, *The Journal of Physiology*, 590 (14), 3215 (2012).
 49. Al Saif A., & Alsenany S. Aerobic and anaerobic exercise training in obese adults. *Journal of physical therapy science*, 27 (6), 1697 (2015).
 50. Nowicka P., & Flodmark C. E. Physical activity – key issues in treatment of childhood obesity. *Acta Paediatrica*, 96, 39 (2007).
 51. Schmitz K. H., Jensen M. D., Kugler K. C., Jeffery R. W., & Leon A. S. Strength training for obesity prevention in midlife women. *International journal of obesity*, 27 (3), 326 (2003).

52. Elmahgoub S. M., Lambers S., Stegen S., Van Laethem C., Cambier D., & Calders P. The influence of combined exercise training on indices of obesity, physical fitness and lipid profile in overweight and obese adolescents with mental retardation, *European journal of pediatrics*, **168** (11), 1327 (2009).
53. Fonseca-Junior S. J., Sa C. G., Rodrigues P. A., Oliveira A. J., & Fernandes-Filho J. Physical exercise and morbid obesity: a systematic review, *Arq Bras Cir Dig*, **26** (suppl 1), 67 (2013).
54. Geliebter A., Maher M. M., Gerace L., Gutin B., Heymsfield S. B., & Hashim S. A. Effects of strength or aerobic training on body composition, resting metabolic rate, and peak oxygen consumption in obese dieting subjects, *The American journal of clinical nutrition*, **66** (3), 557 (1997).
55. Kharisov I. D., Nenasheva A. V., Aminov A. S., Cieślicka M. Z., Mushketa R. K. Assessment of physical fitness indicators in students practicing powerlifting and street workout, *Human. Sport. Medicine (Chelovek. Sport. Meditsina)*, **17** (1), 67 (2017). (In Russian)
56. Williams M. A., Haskell W. L., Ades P. A., Amsterdam E. A., Bittner V., Franklin B. A., Gulanick M, Laing S. T. & Stewart K. J. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: 2007 update: a scientific statement from the American Heart Association Council on Clinical Cardiology and Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism, *Circulation*, **116** (5), 572 (2007).
57. Hong J. Y., & Oak J. S. Effects of 12 Weeks Aerobic exercise Training on Fitness, Body Composition, Skeletal Muscle Index and Blood Lipid Profiles in Obese Elderly Women. *The Korean Journal of Obesity*, **22** (1), 30 (2013).
58. Vecchio L. D., Daewoud H. & Green S. The health and performance benefits of the squat, deadlift and bench press. *MOJ Yoga Physical Ther*, **3** (2), 40 (2018).
59. Adams R. Strength training: a natural prescription for staying healthy and fit. *GRC News*, **22** (1). URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED481391.pdf> (Retrieved 25.02.2020) (2003).
60. Westcott, W. L. Resistance training is medicine: effects of strength training on health, *Current sports medicine reports*, **11** (4), 209 (2012).
61. Verdijk L. B., Gleeson B. G., Jonkers R. A., Meijer K., Savelberg H. H., Dendale P. & van Loon L. J. Skeletal muscle hypertrophy following resistance training is accompanied by a fiber type-specific increase in satellite cell content in elderly men, *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, **64** (3), 332 (2009).
62. Hanson E. D., Srivatsan S. R., Agrawal S., Menon K. S., Delmonico M. J., Wang M. Q. & Hurley B. F. Effects of strength training on physical function: influence of power, strength, and body composition, *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*, **23** (9), 2627 (2009).
63. Noskov S. N., Zavodchikov A. A., Lavrukhina A. A., Gulneva M. Y. & Tsurko V. V. Clinical significance of sarcopenia and miopenia, *Clinical Gerontology (Klinicheskaja gerontologija)*, **21** (5-6), 46 (2015). (In Russian)
64. Collier S. R. Sex differences in the effects of aerobic and anaerobic exercise on blood pressure and arterial stiffness, *Gender medicine*, **5** (2), 115 (2008).
65. Patel H., Alkhawam H., Madanieh R., Shah N., Kosmas C. E. & Vittorio T. J. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system, *World journal of cardiology*, **9** (2), 134 (2017).
66. Clarkson P., Montgomery H. E., Mullen M. J., Donald A. E., Powe A. J., Bull T., Jubb M., World M. & Deanfield J. E. Exercise training enhances endothelial function in young men, *Journal of the American College of Cardiology*, **33** (5), 1379 (1999).
67. Kim N. J. & Lee S. I. The effect of exercise type on cardiovascular disease risk index factors in male workers, *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, **39** (6), 462 (2006).
68. Metkus Jr T. S., Baughman K. L. & Thompson P. D. Exercise prescription and primary prevention of cardiovascular disease, *Circulation*, **121** (23), 2601 (2010).
69. Figueroa A., Vicil F., Sanchez-Gonzalez M. A., Wong A., Ormsbee M. J., Hooshmand S. & Daggy B. Effects of diet and/or low-intensity resistance exercise training on arterial stiffness, adiposity, and lean mass in obese postmenopausal women, *American journal of hypertension*, **26** (3), 416 (2013).
70. Jürgenson J., Serg M., Kampus P., Kals J., Muda P., Zagura M., Viru M., Zilmer M., Eha J. & Unt E. The effect of pre-seasonal strength training on central hemodynamics and cardiac function in elite powerlifting athletes, *Research Reports in Clinical Cardiology*, **10**, 33 (2019).

71. Guitart N. A., Connelly D. M., Nagamatsu L. S., Orange J. B. & Muir-Hunter S. W. The effects of physical exercise on executive function in community-dwelling older adults living with Alzheimer's-type dementia: a systematic review, *Ageing research reviews*, **47**, 159 (2018).
72. Lachman M. E., Neupert S. D., Bertrand R. & Jette A. M. The effects of strength training on memory in older adults, *Journal of aging and physical activity*, **14** (1), 59 (2006).
73. Heyn P. C., Johnsons K. E. & Kramer A. F. Endurance and strength training outcomes on cognitively impaired and cognitively intact older adults: a meta-analysis, *The Journal of Nutrition Health and Aging*, **12** (6), 401 (2008).
74. Saá Guerra Y. D., Sarmiento Montesdeoca S., García Manso J. M., Martín González J. M., Navarro Valdivielso M., Rodríguez Ruiz D., Rodríguez Matoso D. & Quiroga Escudero M. Exercise and Alzheimer's: The body as a whole, *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, **10** (3), 120 (2017).
75. Marcus B. H., Albrecht A. E., King T. K., Parisi A. F., Pinto B. M., Roberts M., Niaura R. S. & Abrams D. B. The efficacy of exercise as an aid for smoking cessation in women: a randomized controlled trial, *Archives of internal medicine*, **159** (11), 1229 (1999).
76. Shadrin A. N., Romanova E. V., Dylkina T. V., Semenyakina E. M. & Sankova I. Y. Investigations of socio-psychological factors of youth choice of power sports, *Health, Physical Culture and Sports (Zdorove cheloveka, teoriia i metodika fizicheskoi kultury i sporta)*, 4 (7), 62 (2017) (In Russian).
77. Shilov I. A., Kerimbekov B. Powerlifting as a pedagogical system for educating, *Materials of the International scientific-practical conference "Educational work in a modern university" dedicated to the 75th anniversary of the Kostanai State Pedagogical Institute*, p. 457 (KSPI, Kostanay, 2014) (In Russian).
78. Kulikova T. M. & Chekulaeva L. V. The role of physical culture events in the formation of a healthy lifestyle in students, *Improving the educational and training processes in the education system: a collection of scientific papers*, ed. N. N. Klyuchnikova [et al.], p. 94 (UISTU, Ulyanovsk, 2011) (In Russian).
79. Chan J. S. Y., Yan J. H. & Payne V. G. The impact of obesity and exercise on cognitive. *Frontiers in aging neuroscience*, **5** (97), 1 (2013).
80. Kovaleva S. A., Aliev T. D. & Kravchenko N. N. Formation of social activity of students by means of physical education and sports, *Advances in modern science and education (Uspekhi sovremennoi nauki i obrazovaniia)*, **1** (3), 12 (2017) (In Russian).
81. Golovacheva O. A. Powerlifting. Popularity among students, *Proceedings of the International scientific-practical conference "Problems of physical culture, sports and tourism in the light of modern research and social processes"*, p. 31 (SPbGUPTD, SPb, 2017) (In Russian).
82. Pribylova V. V. & Petrovsky S. S. Impact of powerlifting on the health of students, *Materials of the International scientific-practical conference "Prospects for the development of science and society in the conditions of innovative development"*, p. 243 (Omega Science, Ufa, 2018) (In Russian).
83. Fatkullova A. N., Yunusova G. I. & Garipova A. Z. Use of non-traditional species of exercise in higher education, *Theory and practice of modern science (Teoriia i praktika sovremennoi nauki)*, 6 (12), 238 (2016) (In Russian).
84. Mashintsov S. S. The role of powerlifting in the formation of personal qualities of university students, *The phenomenon of sports culture in the aspect of philosophical, historical and socio-pedagogical analysis: scientific and methodological materials and reports of the Round Table March 21, 2014*, ed. A. A. Peredel'sky, comp. I. E. Evgrafov, p. 40 (Physical Culture, Moscow, 2014) (In Russian).
85. Pavlov V. I. The experimental model of selection and powerlifting training for new-comers among the students of higher schools, *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*, 11 (57), 69 (2009) (In Russian).
86. Lyubimova A. S. & Khain M. M. Methods of conducting practical training in the specialization of "powerlifting" at the university, *Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation "Physical Culture, Sports, Tourism: Scientific-methodological support"*, p. 191 (PHGPU, Perm, 2014) (In Russian).
87. Varushin A. V., Popovich N. A. & Kulakova I. A. Classical powerlifting at a maritime university: study guide (High technology, SPb, 2018) (In Russian).

88. Vorozhejkin O. V. The methodology of application of the individual approach to development of strength of athletes in powerlifting, *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta*, **9 (55)**, 20 (2009) (In Russian).
89. Poluliashchenko I. M., Bychkov O. M., Saienko V. G., Dubovoi O. V. & Kovalov D. O. The Formation of the National Powerlifting Federation of Ukraine, *Materials of the V Intern. scientific method. Conf "Physical education and sport in the system of higher education": in 2 vol. Vol. 1. Organization, problems and methodological foundations of the educational process in the departments of physical education in universities / ed. N. A. Krasulina [et al.]*, p. 207 (Publishing House Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, 2017) (In Russian).
90. Ministry of Sports of Russia. Information and reference material "On the activities of regional executive bodies in the development of physical education and sports, taking into account the main indicators established by the Strategy for the development of physical education and sports in the Russian Federation for the period until 2020", 22 p. (In Russian).
91. Volkova K. R. & Razzhivin O. A. Sport in the student environment as a social phenomenon, *Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Prospects for the development of modern student sports. Results of performances of Russian athletes at the Universiade 2013 in Kazan"*, p. 24 (Volga State Academy of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, 2013) (In Russian).
92. Gordienko J. V. & Litus R. I. Variational module «powerlifting» for schooling educational institutions on physical culture 7-9 classes, *Humanities Bulletin of Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. Collection scientific publications: Pedagogy, Philosophy, Physical education and sport, Philology, History*, **1**, 238 (2017) (In Ukrainian).
93. Saenko V. G. Organization of training sessions in powerlifting with young athletes, *Materials of the II Intern. scientific-practical conf.*, rep. for issue. V. F. Vorobiev, p. 169 (FSBEI HPE CSU, Cherepovets, 2014) (In Russian).
94. Stetsenko A. I. The child-youths powerlifting in sports schools system, *Pedagogics, psychology, medicalbiological problems of physical training and sports (Pedagogika, psihologia ta mediko-biologichni problemi fizicnogo vihovanna i sportu)*, **10**, 84. (2011) (In Russian).
95. Garipova A. Z. Features powerlifting as a sport, *Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development '2014*, **32 (3)**, 14 (2014) (In Russian).
96. Ovchinnikov Yu. D., Zherebtsova M. A. Who is he, a strong man? Let's tell the children together, *Questions of preschool pedagogy*, **2 (02)**, 35 (2015) (In Russian).
97. Pankov V. A., Trishin E. S. Adaptation of cardiac system to competition loads in powerlifting, *Sports science bulletin (Mediko-biologicheskie problemy sporta)*, **5**, 34 (2010) (In Russian).

УДК 615.21:612.884

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-197-219

АНАЛЬГЕТИЧЕСКИЕ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

**Черетаев И. В.¹, Хусаинов Д. Р.¹, Чуян Е. Н.¹, Раваева М. Ю.¹, Гусев А. Н.¹,
Шульгин В. Ф.¹, Коренюк И. И.¹, Иванов С. А.²**

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

²*МБОУ «Специализированная школа №1 им. Д. И. Карбышева с углублённым изучением французского языка», Феодосия, Россия
E-mail: cheretaev86@yandex.ru*

В обзоре обобщены современные литературные данные и результаты собственных исследований о физиологических механизмах анальгетических и противовоспалительных эффектов ацетилсалициловой кислоты, широко используемой в медицине. Аспирин обладает выраженной противоболевой активностью различного генеза и с участием различных физиологических механизмов боли, а также выраженным противовоспалительным действием. Анальгетические и противовоспалительные эффекты аспирина существенно изменяются и модифицируются в условиях воздействия факторов физической и химической природы. Реализация этих эффектов зависит от особенностей метаболизма аспирина в организме, ионных и синаптических механизмов управления функциональным состоянием клетки, нейромедиаторных систем ЦНС, механизмами периферической и центральной анальгезии.

Ключевые слова: анальгетические эффекты, противовоспалительные эффекты, салицилаты, ацетилсалициловая кислота, физиологические механизмы.

ВВЕДЕНИЕ

Распространенной проблемой у людей современного общества являются патологии, связанные с функционированием различных элементов нервной системы, в том числе болевые синдромы [1], что предопределяет необходимость поиска новых эффективных анальгетиков, изучения механизма их действия.

Кандидатами на роль таких относительно безопасных средств по сравнению с традиционными опиоидными анальгетиками могут быть представители ненаркотических анальгетиков – салицилаты. За последние два-три десятилетия существенно расширились сведения и представления о противоболевых и нейротропных эффектах салицилатов, в частности ацетилсалициловой кислоты (АК), опыте использования аспирина в клинической практике [2–4], что позволяет в целом по-новому взглянуть на анальгетические и противовоспалительные эффекты салицилатов и их физиологические механизмы.

Цель данного обзора – обобщить современные литературные данные и результаты собственных исследований об анальгетических и противовоспалительных эффектах АК, а также физиологических механизмов, лежащих в их основе. Данная кислота является наиболее изученным эталонным представителем салицилатов, на котором удобно рассматривать физиологические эффекты, характерные в целом для данной группы химических и лекарственных средств.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ

Анальгетические и противовоспалительные эффекты АК.

АК в терапевтических дозах обладает местным анестезирующим действием, поэтому ее относят к ненаркотическим анальгетикам, является неселективным ингибитором циклооксигеназы (ЦОГ) и оказывает анальгезирующее действие [2–12]. Согласно данным, приведенным фармакологической литературе [3, 12], АК используют перорально, однократная терапевтическая доза для облегчения боли и ослабления боли в суставах и мышцах у взрослого человека колеблется от 325 до 1000 мг, а суточная доза может достигать 3000 мг.

В тесте «горячая вода» (tail-immersion test) на крысах показано (рис. 1), что АК обладает противоболевым эффектом в диапазоне высоких и стандартных доз от 40 до 120 мг/кг [5, 6], увеличивая латентный период реакции отдергивания хвоста (ЛПРОХ) у крыс-самцов, а в дозе 15 мг/кг данный эффект практически отсутствовал. Как видно из данного рис., в дозе 40 мг/кг АК увеличивала ЛПРОХ крыс-самцов более чем на 19 % ($p \leq 0,05$), в дозе 80 мг/кг – на 31.3 % ($p \leq 0,05$) и в дозе 120 мг/кг – на 68.5 % ($p \leq 0,05$). Также были обнаружены анальгетические свойства АК и в сверхмалых дозах ($4 \cdot 10^{-7}$, $4 \cdot 10^{-9}$ и $4 \cdot 10^{-12}$ мг/кг) [5, 6, 13–16], в этих дозах ЛПРОХ достоверно увеличивался на 135.4, 127 и 139.5 % ($p \leq 0,05$) соответственно, т.е. в них анальгетический эффект АК заметно усиливался. Между ними был обнаружен диапазон «мёртвой зоны» в дозах от $4 \cdot 10^{-4}$ до $4 \cdot 10^{-7}$ мг/кг, в котором анальгетический эффект АК отсутствовал.

В тесте hot plate на крысах-самцах было показано, что в указанных сверхмалых дозах АК оказалась более эффективным анальгетиком, чем анальгин в дозе 5 мг/кг, а в дозе 40 мг/кг была сопоставима по противоболевой активности с анальгином (5 мг/кг), при этом по сравнению с контролем латентный период болевой реакции под влиянием АК (40 мг/кг) в данном тесте возрастал почти в 3 раза [6].

В тесте «электростимуляция» АК (40 мг/кг) увеличивала болевой порог крыс-самцов на 50,8 % ($p \leq 0,05$) относительно контроля, что в очередной раз подтвердило наличие анальгетического действия у АК в данной дозе [6].

В работах [5, 6, 13–16] была доказана зависимость анальгетических эффектов АК от функционирования D_2 , $5HT_3$, $5HT_4$ и AT_1 рецепторов. Обобщённые экспериментальные данные об участии различных рецепторов нейромедиаторных систем в анальгетических эффектах АК с участием спинальных (исследованы в tail-immersion test) и супраспинальных (изучены в hot plate test) механизмов регуляции боли приведены в табл. 1. Было показано, что все перечисленные в табл. 1 подтипы рецепторов принимают участие в анальгетических эффектах АК, используя оба

механизма регуляции боли, так как при их блокировании анальгетический эффект АК нивелировался, либо ослабевал или изменялся на противоположный. При увеличении активности дофаминергической системы юмексом в дозе 3 мг/кг было также показано, что данная нейромедиаторная система принимает участие в анальгетических эффектах АК.

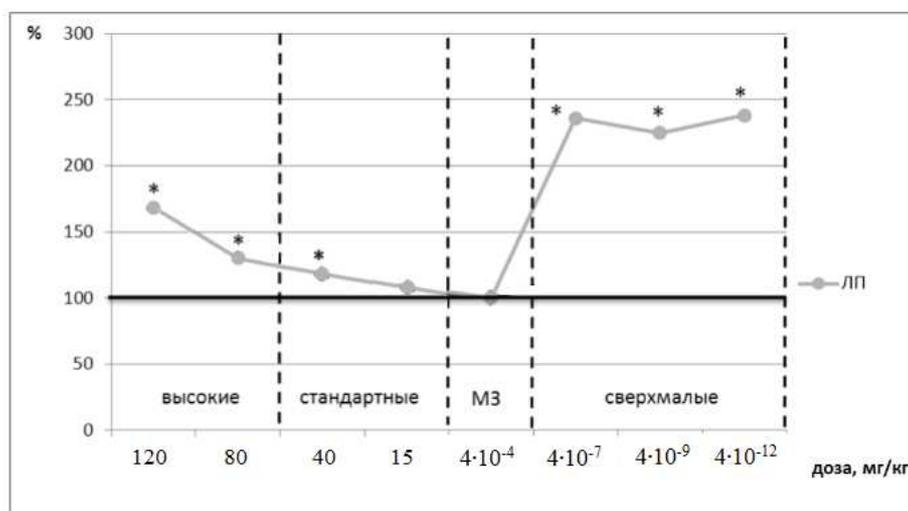


Рис. 1. Кривая «доза-эффект» ЛПРОХ различных доз АК в тесте «горячая вода» [5, 6].

Примечание: горизонтальной линией показан ЛПРОХ контрольной группы (принят за 100 %), МЗ – «мёртвая зона» – диапазон доз, в котором отсутствует биологический эффект вещества. * – достоверность различий относительно контроля при $p \leq 0,05$.

В формалиновом тесте на крысах была показан противовоспалительный эффект АК в дозе 40 мг/кг – препарат достоверно снижал формалиновый отёк лапы у крыс уже через 1 час после введения вещества, а затем его антифлогогенный эффект только усиливался [17].

Особенности метаболизма аспирина в организме – причина гендерных отличий его анальгетических эффектов.

Метаболизм аспирина в организме начинается с гидролиза, стимулируемого ферментами эстеразами (аспирин-эстеразами), обнаруженными в нескольких тканях [18]. Салициловая кислота, продукт гидролиза аспирина, не обладает такими же фармакологическими свойствами, как аспирин. В обзоре [18] отмечается, что скорость гидролиза аспирина играет важную роль в фармакологических эффектах и токсичности салицилатов и акцентируется внимание на том, что ферментативная активность аспирин-эстераз различается у мужчин и женщин. В основном гендерные различия наблюдаются в ткани печени и, по-видимому, определяются в раннем возрасте [19]. У взрослых они находятся под контролем половых гормонов и гипофиза [19, 20]. Было показано, что аспирин выводится из организма женщин быстрее, чем мужчин [21]. Были продемонстрированы гендерные различия в скорости гидролиза аспирина в

плазме крови человека, и было показано, что гидролиз аспирина выше у мужчин [22]. Похожие различия между полами в скорости гидролиза аспирина были также показаны в сыворотке крови и гомогенате печени крыс – более высокая ферментативная активность аспириин-эстераз у мужчин, чем у женщин [23]. У самцов крыс показана более высокая активность аспириин-эстераз в печени по сравнению с самками, тогда как самки показали более высокую активность ферментов в сыворотке, а активность аспириин-эстеразы в плазме и сыворотке у самцов была выше, чем у самок [22–24]. Напротив, самцы крыс проявляли более высокую активность аспириин-эстераз в печени. Помимо того, что печень играет важную роль в метаболизме ксенобиотиков, печень также является местом синтеза белков крови, и, следовательно, согласно представлениям [18], возможно, что аспириин-эстеразы, регистрируемые в сыворотке, синтезируются в печени. Удельная активность аспириин-эстераз в сыворотке крови значительно ниже, чем в печени. Это говорит о том, что хоть метаболизм аспирина начинается в крови сразу после всасывания, печень будет отвечать за подавляющую часть его гидролиза. В печени самцов крыс аспириин-эстеразная активность выше, чем в печени самок, тогда как сыворотка самок обладает более высокой активностью.

Таблица 1
Изменения анальгетических эффектов АК в сверхмалых дозах, наблюдаемые в экспериментах на лабораторных крысах с блокадой или увеличением функциональной активности различных нейромедиаторных систем

Дозы, мг/кг	Механизмы регуляции болевой чувствительности	
	спинальные	супраспинальные
Блокада D ₂ рецепторов галоперидолом (2,5 мг/кг) [5, 6, 13-16]		
4·10 ⁻⁷ , 4·10 ⁻⁹ и 4·10 ⁻¹²	–	–
Увеличение активности дофаминергической системы юмексом (3 мг/кг) [6]		
4·10 ⁻⁷ , 4·10 ⁻⁹ и 4·10 ⁻¹²	↓	▼ (аллогенный)
Блокада 5HT ₃ рецепторов осетроном (2 мг/кг) [6]		
4·10 ⁻⁷ , 4·10 ⁻⁹ и 4·10 ⁻¹²	–	▼
Блокада 5HT ₄ рецепторов L-лизинном (11,2 мг/кг) [6]		
4·10 ⁻⁷ , 4·10 ⁻⁹ и 4·10 ⁻¹²	–	▼
Блокада AT ₁ рецепторов кандесаром (0,2 мг/кг) [6]		
4·10 ⁻⁷ , 4·10 ⁻⁹ и 4·10 ⁻¹²	–	↓

Примечание: + – эффект сохранялся, – – эффект нивелировался, ↑ – эффект усиливался, ↓ – эффект ослаблялся, ▼ – эффект изменялся на противоположный.

Гендерные различия показаны в проявлении фармакологических эффектов аспирина в ряде исследований [25–27], хотя в отношении противоболевой и противовоспалительной активности аспирина такие сравнительные исследования практически отсутствуют [28]. Benedito M. A. [18] предположил, что наблюдаемые гендерные различия могут быть связаны с различным количеством аспириин-эстераз, высвобождаемых в кровь. Большинство гендерных различий в метаболизме

лекарств находятся под гормональным контролем, и андрогены, похоже, играют ключевую роль в этом различии в отношении аспирина [19, 20].

Роль транскрипционного фактора NF-κB, изоформ циклооксигеназы и простагландинов в молекулярном механизме физиологического действия АК

Молекулярный механизм физиологического действия АК обусловлен уникальным строением её молекулы, которая состоит из ацетильной и салицилатной группировок. Каждая из них выполняет свои самостоятельные биологические функции. Салицилатная группа участвует в противовоспалительных свойствах АК посредством ингибирования транскрипционного фактора NF-κB [29, 30], а ацетильная группа АК вызывает инактивацию циклооксигеназ (ЦОГ) посредством ацетилирования остатков серина [18].

Согласно обзорным работам [31, 32], NF-κB регулирует многие гены, участвующие в иммунной и воспалительной реакциях – гены, участвующие в кодировании цитокинов (IL-1, IL-2, IL-6, IL-12, фактора некроза опухоли – TNF-α, GM-CSF), хемокинов (IL-8, MIP1, RANTES и эотоксин), белков острой фазы воспаления, молекулы адгезии, индуцибельных изоформ ферментов (индуцибельная NO-синтаза, ЦОГ-2). В клетке NF-κB сохраняется в неактивном состоянии ингибирующим протеином IκB. В результате действия различных провоспалительных цитокинов (IL-1, TNF-α) и стимулов запускаются пути сигнальной трансдукции, что приводит к быстрой активации специфической IκB киназы – IKK. Активация IKK комплекса и дальнейшее разрушение IκB приводит к освобождению NF-κB, который транспортируется в ядро и связывается с κB-сайтами внутри промоторов соответствующих генов для активации их транскрипции. Салицилаты и многие другие НПВС ингибируют активность NF-κB, блокируя АТФ-связывающие сайты IKK [33–35]. Это объясняет тот факт, почему дозы АК, применяемые при хронических воспалительных заболеваниях, существенно выше необходимых для ингибирования синтеза простагландинов. АК ингибирует активность ЦОГ-1 при ацетилировании [31]. Экспрессия ЦОГ-2 кодируемого гена, связанного с выработкой большого количества простагландинов в местах воспаления транскрипционно регулируется NF-κB, а снижение их уровня под воздействием высоких доз АК может быть обусловлено уменьшением экспрессии ЦОГ-2 при дополнительной инактивации ЦОГ-1 [31, 33].

Механизм противоболевого действия СаК и АК связывают с устранением гипералгезии в очаге воспаления [2, 7, 8]. Как нестероидные противовоспалительные средства (НПВС) с периферическим антиноцицептивным действием [7, 8, 11], салицилаты ингибируют ЦОГ-2, необходимую для синтеза простагландинов, в том числе, и ПГ-E₂; подавляют болевую трансмиссию; уменьшают поток импульсации к структурам спинного мозга и центральную сенситизацию. Кроме того, за счёт блокирования ЦОГ-1 и ЦОГ-2 противовоспалительный эффект неопиодных анальгетиков приводит к уменьшению количества алгогенов (брадикинин и его метаболиты, гистамин, серотонин, ионы калия, простагландины, холецистокинин, соматостатин, фактор развития нервов, субстанция Р, цитокины, фактор некроза опухолей), выделяющихся при повреждении клеточных мембран и воспалении тканей, уменьшению отёка тканей и

механического сдавливания ноцицепторов [2, 3, 8]. АК не только ацетирует активный центр ЦОГ-2 [3, 8] и угнетает синтез АТФ, но и обладает нетрадиционными механизмами противовоспалительного действия – тормозит транскрипцию гена ЦОГ-2, повышает синтез мощного противовоспалительного агента аденозина [3, 8, 11]. Это также усиливает анальгетический эффект АК. В работах [2, 3, 7, 8, 11] высказано предположение, что салицилаты оказывают не только периферическое, но и центральное обезболивающее действие: уменьшают активность ЦОГ-2 и образование простагландинов группы Е в структурах головного мозга, участвующих в проведении и восприятии боли; потенцируют тормозящее влияние центрального серого вещества на болевые центры, стимулируя освобождение эндорфинов; усиливают блокаду NMDA-рецепторов глутаминовой кислоты, вызываемую кинуренинами; повышают освобождение серотонина. На рис. 1 представлен механизм действия НПВС на примере аспирина.

Рассмотрим более подробно участие изоформ ЦОГ в анальгетическом и противовоспалительном эффекте салицилатов. ЦОГ – гемсодержащий фермент, связанный с мембраной клетки и участвующий в циклооксигеназном пути метаболизма арахидоновой кислоты. Известны три изоформы фермента: ЦОГ-1, ЦОГ-2 и ЦОГ-3 [36]. В физиологических эффектах салицилатов принимают участие две из них – ЦОГ-1 и ЦОГ-2 [3, 10, 12]. Активность ЦОГ-1 обеспечивает функционирование большинства систем органов в норме, а роль ЦОГ-2 возрастает при воздействии разнообразных сигнальных факторов (бактериальных липополисахаридов, цитокинов, факторов роста), данная изоформа является ключевым триггером в реакции воспаления [36–38].

При окислении арахидоновой кислоты с помощью ЦОГ два атома кислорода включаются в состав молекулы указанной кислоты в двух положениях (С-11, С-15), образуя нестабильный эндопероксид простагландин G_2 (ПГ- G_2). ПГ- G_2 восстанавливается до эндопероксида простагландина H_2 (ПГ- H_2) [36-38]. Из них в будущем могут образовываться другие простагландины ПГ- E_2 , ПГ- D_2 , ПГ- $F_{2\alpha}$. В дальнейшем простагландин- I_2 -синтаза ускоряет превращение эндопероксидов в ПГ- I_2 (простациклин), а тромбоксан- A_2 -синтаза – в тромбоксан- A_2 (ТК- A_2). ПГ- I_2 и ТК- A_2 спонтанно гидролизуются до 6-кетопростагландина $F_{2\alpha}$ и тромбоксана B_2 (Тх- B_2) соответственно.

Простагландины – паракринные и аутокринные факторы, медиаторы ситетного воспаления, поэтому у многих тканей присутствуют рецепторы к ним [40]. Простагландины взаимодействуют с рецепторами плазмалеммы, связанными с гетеротримерными G-белками. Мишенью для ПГ- E_2 являются простаноидные рецепторы EP 1-4, ассоциированные с белками G_s , G_i или G_q . Активация этих рецепторов запускает аденилатциклазный или фосфоинозитидный пути передачи сигнала [40]. Простагландины также способны связываться с ядерными рецепторами PPARs – факторами транскрипции при связывании лиганда. Применительно к боли простагландины увеличивают чувствительность клеточных рецепторов к алгогенам (гистамину, брадикинину, серотонину, снижая порог болевой чувствительности [1, 3, 40].

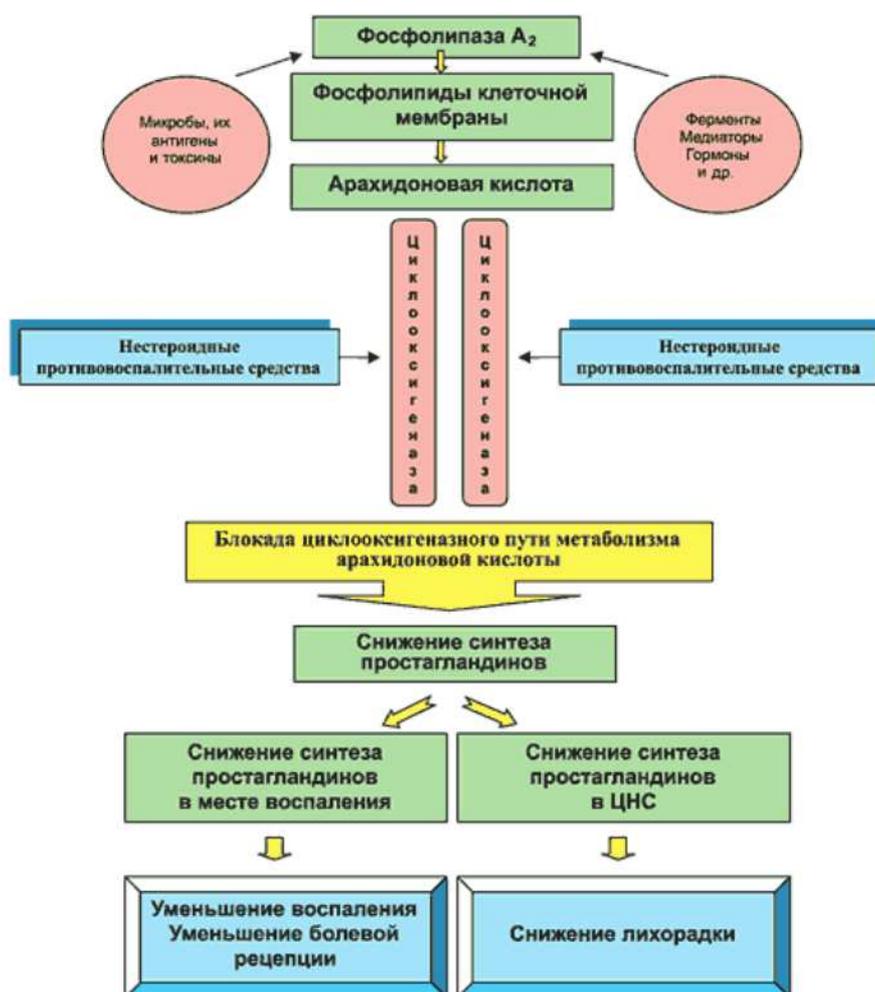


Рис. 2. Механизм действия нестероидных противовоспалительных средств на примере аспирина.

В научном сообществе всё чаще обсуждается, что аспирин ацетирует не только сериновые остатки ЦОГ. Достаточно интересным и мало изученным молекулярным механизмом действия аспирина является ацетилирование многих клеточных белков, гормонов и нуклеиновых кислот [41, 42]. В работе [43] отмечается, что посттрансляционная модификация белков в результате ацетилирования может привести к изменению их функции, и, возможно, данные модификации могут лежать в основе физиологического механизма некоторых до сих пор необъяснённых полезных и неблагоприятных эффектов аспирина. Существуют данные о том, что аспирин ацетирует такие белки как гемоглобин, сывороточный альбумин, фибриноген, некоторые белки компоненты мембран эритроцитов и тромбоцитов, гистоны, γ -кристаллины, белок-супрессор опухолей

р53, актин [41, 43–46]. Идентификация белковых и нуклеиновых мишеней в клетках для ацетилирования аспирином представляет новую область исследований, перспективную, в том числе и для расшифровки механизмов противовоспалительных и анальгетических эффектов аспирина и других салицилатов.

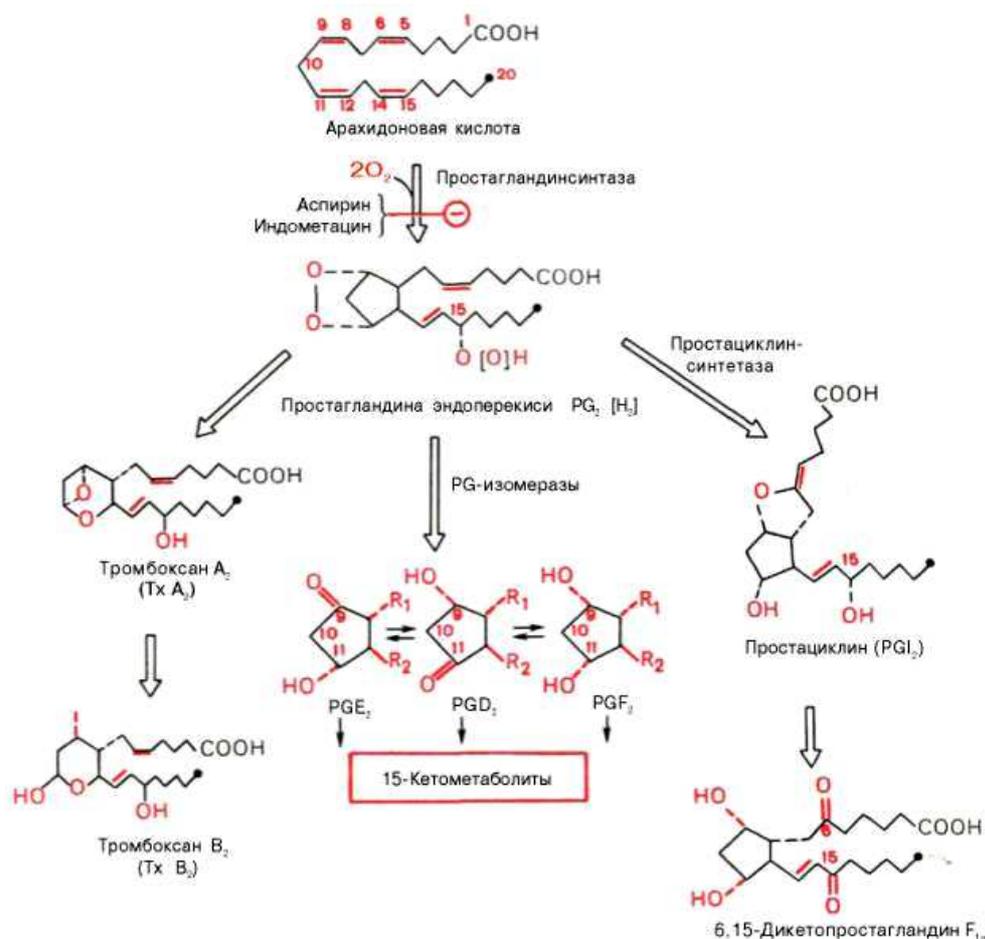


Рис. 3. Циклооксигеназный путь окисления арахидоновой кислоты.

Примечание: \ominus – блокирующее действие препарата.

Роль ионных каналов наружных мембран нейронов и внутриклеточных посредников в анальгетических эффектах АК

В работе [47] было высказано предположение, что обнаруженное под влиянием АК снижение скорости входящих трансмембранных ионных токов моллюсков может лежать и в основе механизма противоболевых эффектов АК. Известно, что при механических повреждениях, воспалительных процессах или действии гипералгетических агентов повышается чувствительность медленных натриевых

каналов наружных мембран ноцицептивных нейронов [48], что обычно приводит к возрастанию их ЧГИ. Следовательно, АК, обладая угнетающим нейротропным эффектом за счёт снижения проницаемости мембраны к входящему натриевому току [47, 49], в соответствии с высказанной выше гипотезой может снижать ЧГИ и ноцицептивных нейронов благодаря уменьшению входа Na^+ в цитоплазму, что и обуславливает в значительной мере противоболевые эффекты этой кислоты.

К сожалению, для объяснения противоболевого действия салицилатов не уделяется должного внимания исследованию роли ионных процессов, происходящих в мембранах нейронов. А ряд выше перечисленных агентов-мишеней анальгетического действия АК (простагландины, АТФ, серотонин) как раз изменяют в том числе и функциональное состояние мембран нейронов, что может играть важную роль в основе механизма противоболевых эффектов АК и её производных.

Известно, что в процессах восприятия и рецепции боли могут принимать участие потенциалчувствительные Na^+ -каналы, некоторые типы K^+ -каналов, Ca^{2+} -каналы N-, P- и Q-типа, амилоридчувствительные и протонактивируемые Na^+ -каналы [50–53]. В работе [49, 54] было показана гиперполяризация мембраны нейронов моллюсков *Helix albescens* Rossm. при воздействии АК в концентрации $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л и было высказано предположение, что она связана с нарушением функционирования каналов выходящего калиевого и (или) входящего хлорного тока. Возможно, что АК усиливает входящий хлорный ток, что, как известно [50, 55, 56], снижает возбудимость мембраны нейрона и способствует её реполяризации во время ПД. Авторы работ [50, 57] предполагают, что активация хлорной проводимости может инактивировать некоторые Ca^{2+} - и Na^+ -каналы, а такой механизм как раз участвует в реализации эффекта ряда анальгетиков. Анализ изменений скоростей нарастания суммарных трансмембранных ионных токов подтвердил гипотезу связи угнетающих нейротропных эффектов АК в высоких дозах с входящим хлорным током, поскольку при экспозиции АК в концентрации $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л было обнаружено снижение максимумов скорости нарастания входящих трансмембранных ионных токов. По такому механизму происходит мембранотропное действие многих анестетиков, а согласно данным [9, 10, 12] анестезирующие свойства характерны и для АК. В работах [58–60] на переживающих срезах гиппокампа крысят (возраст 4-8 дней) на нейронах СА3 области методом «whole cell» пэтч-кламп регистрации показано, что аспирин в концентрации 10^{-3} и 10^{-3} моль/л оказывает активационное и синхронизирующие действие на спонтанные ГАМК-обусловленные сетевые ответы. Данные экспериментальные работы на нейронах млекопитающих подтвердили ранее высказанную в экспериментах на моллюсках гипотезу об участии входящего хлорного тока в механизме угнетающего эффекта ацетилсалициловой кислоты на электрическую активность нейронов и процессы межнейронной синаптической передачи. В работе [61] на нейронах гиппокампа крысят и нейронах подготочного комплекса ганглиев моллюсков *Helix albescens* Rossm. было показано, что аспирин в концентрации 10^{-3} моль/л подавляет потенциалзависимый выходящий калиевый ток при смещении потенциала в положительную сторону, не исключено, что данный

эффект тоже принимает участие в механизме аналгетического эффекта этого препарата.

Анализ ионных механизмов угнетающих нейротропных эффектов АК показал, что это вещество воздействует на рецепторы различных ионных каналов мембран нервных клеток – натриевых, калиевых, хлорных, а в некоторых случаях и кальциевых [49]. Анальгетические и противовоспалительные эффекты могут быть связаны не только с непосредственным воздействием АК на ионотропные рецепторы мембран, но и с опосредованным влиянием через метаболитные рецепторы, в том числе и благодаря ингибирующим влияниям этой кислоты на синтез АТФ, простагландинов, циклических нуклеотидов; изменениям внутриклеточного уровня Ca^{2+} . Так, известно [8, 9, 10, 12], что АК снижает содержание простагландинов, ингибируя фермент ЦОГ, ответственный за их синтез. Есть сведения, что простагландин E2 усиливает электрическую активность нейронов и его эффекты опосредованы цАМФ [62]. Поэтому угнетение АК электрических потенциалов ноцицептивных нейронов и связанный с этим аналгетический эффект данного препарата может быть в значительной мере обусловлен снижением содержания этого простагландина и исключением аденилатциклазного пути передачи сигналов, модулирующего функционирование мембранных ионных каналов, которые отвечают за возбудимость и генерацию ПД.

Есть основания полагать, что угнетение АК внутриклеточного синтеза АТФ приводит к снижению его выброса во внеклеточное пространство и вносит вклад в противоболевые эффекты этих кислот. Так, снижение внеклеточного АТФ, может быть причиной инактивации потенциалзависимых медленных натриевых каналов плазматических мембран ноцицептивных нейронов, снижения их метаболизма, и как следствие, уменьшения ЧГИ. Как известно [48, 63], именно активация медленных натриевых каналов играет важную роль в возникновении болевых ощущений. Следует напомнить, что по результатам работ [49] эффективные концентрации АК как раз и приводят к снижению скорости нарастания суммарных входящих трансмембранных ионных токов (основной вклад в них вносят катионы Na^+) и ЧГИ. В экспериментах с совместным добавлением АТФ и АК во внеклеточную среду показана существенная модификация их нейротропных эффектов в виде исчезновения неселективного угнетения импульсной активности нейронов моллюска *Helix albescens* Rossm. [47, 64–67], поэтому подавление синтеза АТФ салицилатами – один из важных механизмов контроля функционального состояния наружных мембран ноцицептивных нейронов.

В работе [47] высказано также предположение, что салицилаты (АК с металлами переходной валентности, такими как кобальт и цинк – АСК, АСЦ) сами являются блокаторами входящего тока Ca^{2+} и их мобилизации из депо внутриклеточных органелл и препятствуют накоплению этих ионов в нейронах. В пользу предположения о блокирующем действии протестированных салицилатов на основные пути поступления Ca^{2+} в нейроплазму говорят сведения других авторов о том, что преинкубация перитонеальных макрофагов в течение 5 мин с 100 мкмоль/л аспирина подавляла индуцированные глутоксимом (в дозах 100 и 200 мкг/л) и моликсаном (в дозах 100 и 200 мкг/л) мобилизацию Ca^{2+} из внутриклеточных депо и

депо-зависимого входа Ca^{2+} из наружной среды [68, 69]. Однако в связи с тем, что эффекты самого глутоксима на кальциевую сигнализацию связывают с ЦОГ, которую ингибируют салицилаты, для выяснения эффектов последних на кальциевую систему клетки необходимо использование её активаторов, действующих по иному механизму. В пользу высказанной гипотезы свидетельствуют и работы зарубежных авторов. Так, на модельных клеточных линиях карциномы человека показано, что аспирин ингибирует вход Ca^{2+} в клетку [70], а в экспериментах на клетках желудка человека показано, что аспирин уменьшает депо-зависимый вход Ca^{2+} , индуцируемый тапсигаргином [71]. Косвенным доказательством блокирующего действия АК на кальциевую сигнализацию является и то, что этот препарат эффективен в профилактике болезни Альцгеймера [72], которой сопутствует увеличение концентрации Ca^{2+} в цитозоле нейронов [73].

Поскольку изменения активности кальциевых каналов и кальциевых депо, как известно [74], играют важную роль в модуляции ноцицептивных сигналов нейронами соматосенсорной системы, полученные в работе данные об эффектах салицилатов на показатели электрических потенциалов нейронов при блокировании основных путей поступления Ca^{2+} в нейроплазму важны для объяснения механизмов противоболевого действия тестируемых веществ. При ряде патологических состояний организма, сопровождающихся болевыми ощущениями, показано усиление входа Ca^{2+} через потенциалзависимые мембранные ионные каналы в нейронах и уменьшение мобилизации этих ионов из депо эндоплазматического ретикулума [52, 74]. Придерживаясь точки зрения о ингибирующем действии салицилатов на основные пути поступления Ca^{2+} в нейроплазму, мы склонны думать, что этим в значительной степени и обусловлен физиологический механизм противоболевого действия АК.

Синаптические механизмы анальгетических эффектов АК

Говоря об анальгетических эффектах салицилатов, нельзя не упомянуть возможные синаптические механизмы данных эффектов. Так, у постсинаптических нейронов четырёх исследованных пар синаптически связанных клеток моллюска *Helix albescens* Rossm. (трёх пар неидентифицированных клеток висцерального ганглия и пары клеток «неидентифицированный нейрон висцерального ганглия – нейрон ППа2») на 5 минуте экспозиции раствора АК в концентрации 10^{-3} моль/л было выявлено достоверное увеличение по сравнению с контролем латентного периода (ЛП) возбуждающих постсинаптических потенциалов (ВПСП), возникающих в ответ на раздражение пресинаптических нейронов [49, 75]. Полученные результаты показали увеличение времени синаптической задержки при действии АК и, следовательно, тормозный эффект этой кислотой на процессы межнейронной передачи импульсов. На примере моносинаптической связи неидентифицированного нейрона ВГ и клетки ППа2 было показано, что при воздействии АК значительно увеличивался ЛП ВПСП у постсинаптического нейрона ППа2, однако отсутствовали существенные изменения амплитуды, продолжительности и крутизны нарастания ВПСП. Согласно работам [56, 76], это свидетельствует о том, что угнетение транссинаптической передачи данной

концентрацией АК происходило в основном благодаря замедлению проведения импульсов по пресинаптическим терминалям и высвобождения медиатора в синаптические щели, а не за счёт механизмов, связанных с функционированием постсинаптических мембран. Возможно, что замедление транссинаптической передачи сигналов АК лежит и в основе её противоболевых эффектов. В концентрации 10^{-2} моль/л АК вызывала исчезновение ВПСП и ПД нейронов всех исследованных пар синаптически связанных клеток на приложение раздражающих стимулов к пресинаптическим нейронам.

Одной из причин увеличения ЛП ВПСП при воздействии АК может быть замедление этой кислотой проведения импульса по пресинаптическим терминалям [50, 76, 77]. Во-вторых, не исключено, что АК может воздействовать на рецепторы плазматических мембран как пре-, так и постсинаптических нейронов, приводя к усилению их входящих хлорных и выходящих калиевых ионных токов и замедлению – натриевых. В результате таких изменений ионных процессов в нейронах может произойти гиперполяризация их пре- и постсинаптических мембран. Повышая порог для синаптически вызванной деполяризации, гиперполяризация мембраны может замедлять или вовсе делать невозможным развитие ВПСП [76]. По вышеописанному механизму действуют многие вещества, угнетающие транссинаптическую передачу в нервной системе, в том числе и общие анестетики, анальгетики [76–79].

Модификация эффектов АК в условиях воздействия различных факторов химической и физической природы.

Анальгетические эффекты АК подвергаются существенным изменениям в условиях воздействия ослабленного геомагнитного поля, интоксикации организма тяжёлыми металлами [80–83].

Показано, что в условиях умеренного электромагнитного экранирования (ЭМЭ) противоболевой эффект терапевтической дозы аспирина (40 мг/кг) значительно снижался. Так, у крыс-самок в фазе диэструса аспирин компенсировал негативное действие ЭМЭ, при этом в тесте «горячая пластина» анальгетический эффект аспирина на фоне ЭМЭ снизился в 2 раза, а в тесте «электростимуляция» – на 55 % [80]. Выявлено, что у крыс-самцов противоболевой эффект аспирина в дозе 40 мг/кг полностью подавляется негативным эффектом ЭМЭ [81]. Поскольку воздействие ЭМЭ на ноцицепцию реализуется посредством влияния на систему эндогенных опиоидов, синтез мелатонина и систему медиаторов воспаления [82-83], авторы [81], предположили, что ЭМЭ конкурирует с противоболевой активностью аспирина на уровне медиаторов воспаления и системы ферментов ЦОГ-1 и ЦОГ-2, а также на уровне элементов периферической нервной системы. Наблюдаемые отличия могли быть вызваны и гендерными особенностями метаболизма аспирина в организме самцов и самок, в частности его гидролиза эстеразами, скорость которого как показано в ряде исследований существенно отличается у самцов и самок [18, 24, 25].

Выявлено [84], что на фоне ежедневной интоксикации солями тяжёлых металлов (сульфатом ртути в дозе 20 мг/кг и хлоридом кадмия в дозе 1 мг/кг) в течение недели противоболевой эффект аспирина (40 мг/кг) существенно изменяется в тестах «электростимуляция» и «горячая пластина»: в условиях

интоксикации сульфатом ртути анальгетический эффект аспирина сохранялся, но несколько ослабевал в тесте «горячая пластина», а в тесте «электростимуляция», наоборот, усиливался; в условиях интоксикации хлоридом кадмия анальгетический эффект аспирина полностью исчезал в тесте «горячая пластина» и значительно усиливался по сравнению с изолированным введением аспирина в тесте «электростимуляция». При блокировании D₂ рецепторов галоперидолом (2,5 мг/кг) в условиях интоксикации сульфатом ртути наблюдается достоверное усиление анальгетического эффекта аспирина в тестах «горячая пластина» и «электростимуляция», а у интоксигированных хлоридом кадмия животных анальгетический эффект увеличивается только в тесте «горячая пластина». Таким образом, в условиях интоксикации крыс сульфатом ртути формирование противоболевого эффекта аспирина связано с D₂ рецепторами на спинальном и супраспинальном уровнях регуляции болевой чувствительности, а при интоксикации хлоридом кадмия – только на супраспинальном уровне. С помощью формалинового теста показано, что ежедневное введение хлорида кадмия в дозе 1 мг/кг существенно усиливает противовоспалительное действие аспирина (40 мг/кг), поэтому модифицирующий эффект этого металла на анальгетический эффект аспирина может быть связан именно с механизмами воспаления [84]. Соли ртути и свинца – хлорид свинца (100 мг/кг) и хлорид ртути (20 мг/кг), наоборот, ингибируют противовоспалительный эффект аспирина (40 мг/кг) [85].

Таким образом, различные физические и особенно химические факторы существенно изменяют и модифицируют анальгетический эффект АК. Для устранения побочных эффектов АК, улучшения её фармакокинетических параметров и поиска аналогов с более выраженным фармакологическим действием, позволяющих достигать аналогичного эффекта в более низких дозах, необходим химический синтез новых соединений, содержащих фрагменты или остатки АК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

АК обладает анальгетическими свойствами в отношении термической боли и боли, вызванной электрическими стимулами, а также выраженным противовоспалительным действием. Реализация этих свойств зависит от особенностей метаболизма аспирина в организме, ионных и синаптических механизмов управления функциональным состоянием клетки, нейромедиаторных систем ЦНС, механизмами периферической и центральной анальгезии.

Анальгетические свойства АК обнаружены не только в обычных, но и в сверхмалых дозах. Различные физические и особенно химические факторы существенно изменяют их эффекты. Это повышает интерес к изучению противоболевой активности салицилатов и их физиологических механизмов, поскольку такие исследования могут послужить основой для создания новых лекарственных НПВП, обладающих низкой токсичностью и высокой безопасностью для пациентов, совершенствовать стратегию их практического использования.

В настоящее время наиболее подробно изучен физиологический механизм противоболевого и противовоспалительного действия аспирина и его основного метаболита – салициловой кислоты. Однако следует отметить, что несмотря на

обилие существующих данных, полученных в научных исследованиях эффектов аспирина и при его практическом использовании, существует ряд необъяснённых аспектов действия этого препарата, механизм которых ещё не расшифрован. О неугасающем интересе к эффектам и механизмам действия этого препарата и в связи с расширением сфер его использования свидетельствует стабильно высокое число научных публикаций, посвящённых аспирину в самых известных зарубежных и отечественных изданиях. При этом количество публикаций об аспирине на порядок выше, чем о любом другом известном человечеству препарате.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-70142 «Координационные соединения ацетилсалициловой кислоты: синтез, биоскрининг и целенаправленный поиск нейро- и психотропных свойств» в рамках научной деятельности Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского».

Список литературы

1. Вейн А. М. Болевые синдромы в неврологической практике / Вейн А. М. – М.: МЕД-пресс-информ, 2001. – 368 с.
2. Венгеровский А. И. Лекции по фармакологии / Венгеровский А. И. – Томск: СибГМУ, 2007. – 390 с.
3. Сапегин И. Д. Базисная фармакология / И. Д. Сапегин. – Симферополь: КГМУ, 2012. – 122 с.
4. Верткин А. Л. Дилемма выбора нестероидных противовоспалительных препаратов в терапевтической практике / А. Л. Верткин, А. В. Наумов, М. М. Шапуилова [и др.] // Клиницист. – 2008. – Т. 8, № 2. – С. 46–50.
5. Катюшина О. В. Выраженность антидепрессантного и анальгетического эффектов аспирина и его производных в широком диапазоне доз / О. В. Катюшина, И. В. Черетаев, Л. Ю. Бережнев [и др.]. // 77-я итоговая научно-практическая конференция с международным участием, Красноярск, 23–26 апреля 2013 г. : сб. материалов – Красноярск : КрасГМУ, Версо, 2013. – С. 427–429.
6. Катюшина О. В. Механизмы физиологического действия сверхмалых доз аспирина и его производных / Катюшина О. В. – Симферополь: ТНУ, 2013. – 150 с.
7. Машковский М. Д. Лекарства XX века / Машковский М. Д. – М.: Изд-во Новая Волна, 1998. – 320 с.
8. Дейл М. М. Руководство по иммунофармакологии / М. М. Дейл, К. Формен. – М.: Медицина, 1999. – 198 с.
9. Машковский М. Д. Ацетилсалициловая кислота в ряду современных лекарственных средств / М. Д. Машковский // Хим.-фарм. журн. – 1994. – Т. 28, № 2. – С. 4–8.
10. Машковский М. Д. Лекарственные средства: в 2 т. / М. Д. Машковский. – М.: Изд-во Новая Волна, 2002. – Т. 1: Лекарственные средства. – 2002. – 540 с.
11. Осипова Н. А. Принципы применения анальгетических средств при острой и хронической боли / Н. А. Осипова, Г. Р. Абузарова, В. В. Петрова – М.: МНИОИ, 2010. – 67 с.
12. Коваленко В. Н. Компендиум – 2005 – лекарственные препараты / В. Н. Коваленко, А. П. Викторов. – К.: МОРИОН, 2005. – 1920 с.
13. Катюшина О. В. Влияние сверхмалых доз аспирина, ацетилсалицилатов кобальта и цинка на болевую чувствительность крыс / О. В. Катюшина, Т. В. Яковчук, И. И. Коренюк [и др.]. // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 9. – С. 28–31.
14. Катюшина О. В. Изменение болевого порога при действии аспирина и анальгина в стандартных и сверхмалых дозах / О. В. Катюшина, В. В. Шилина, И. И. Коренюк [и др.]. // Wpływ badań naukowych: zbiór raportów naukowych Międzynarodowej Naukowi-Praktycznej Konferencji, Bydgoszcz (28.04–30.04.2013). – 2013. – Vol. 1. – Warszawa: Diamond trading tour, 2013. – P. 71–73.

15. Катюшина О. В. Противоболовое действие сверхмалых доз аспирина и его солей на фоне блокады D₂-рецепторов / О. В. Катюшина, И. В. Черетаев, Д. Р. Хусаинов [и др.]. // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии. – 2013. – Т. 1, № 10. – С. 59–61.
16. Катюшина О. В. Противоболовое действие сверхмалых доз аспирина на фоне угнетения и стимулирования дофаминергической системы / О. В. Катюшина, И. И. Коренюк, Д. Р. Хусаинов [и др.]. // Актуальные вопросы биологической физики и химии – 2013 : материалы IX междунар. науч.-техн. конф., 23–27 апреля 2013 г. – Севастополь: СевНТУ, 2013. – С. 141–143.
17. Катюшина О. В. Противовоспалительная активность солей ацетилсалициловой кислоты / О. В. Катюшина, Д. Р. Хусаинов, И. И. Коренюк [и др.]. // X Міжнародні Новорічні біологічні читання: міжнар. конф. 10-11 гр. 2010 р.: тези доп. – Миколаїв, 2010. – С. 186–189.
18. Benedito M. A. Gender differences in the activities of aspirin-esterases in rat tissues / Benedito M. A. // Braz. J. Med. Biol. Res. – 1998. – Vol. 31, No 9. – P. 1113–1118. doi: 10.1590/s0100-879x1998000900002 PMID: 9876276
19. Colby H. D. Regulation of hepatic drug and steroid metabolism by androgens and estrogens / H. D. Colby, J. A. Thomas, R. L. Signal eds. // Advances in Sex Hormone Research. – Vol. 4. – Baltimore: Urban and Schwarzenberg, 1980. – P. 27–71.
20. Gustafsson J. A. Sex steroid induced changes in hepatic enzymes / J. A. Gustafsson, A. Mode, G. Norstedt [et al.]. // Annual Review of Physiology. – 1983. – Vol. 45. – P. 51–60. doi: 10.1146/annurev.ph.45.030183.000411
21. Kennedy M. J. Hormonal regulation of hepatic drug-metabolizing enzyme activity during adolescence / Kennedy M. J. // Clinical Pharmacology and Therapeutics. – 2008. – Vol. 84, No 6. – P. 662–673. doi:10.1038/clpt.2008.202 PMID: 18971926 PMCID: PMC2684751
22. Miners J. O. Influence of gender and oral contraceptive steroids on the metabolism of salicylic acid and acetylsalicylic acid / J. O. Miners, N. Grgurinovich, A. G. Whitehead [et al.]. // Br. J. Clin. Pharmacol. – 1986. – Vol. 22, No 2. – P. 135–142. doi: 10.1111/j.1365-2125.1986.tb05240.x PMCID: PMC1401110 PMID: 3756063
23. Menguy R. Evidence for a sex-linked difference in aspirin metabolism / R. Menguy, L. Desbaillets, Y. F. Masters [et al.]. // Nature. – 1972. – Vol. 239, No 5367. – P. 102–103. doi: 10.1038/239102a0 PMID: 4562107
24. Kim D. Aspirin hydrolyzing esterases from rat liver cytosol / D. Kim, Y. Yang, W. B. Jakoby // Biochem. Pharmacol. – 1990. – Vol. 40, No 3. – P. 481–487. doi: 10.1016/0006-2952(90)90546-w PMID: 2383281
25. Tamargo J. Gender differences in the effects of cardiovascular drugs / J. Tamargo, G. Rosano, T. Walther [et al.]. // European Heart Journal – Cardiovascular Pharmacotherapy. – 2017. – Vol. 3. – P. 163–182. doi: 10.1093/ehjcvp/pvw042
26. Berger J. S. Aspirin for the primary prevention of cardiovascular events in women and men: a sex-specific meta-analysis of randomized controlled trials / J. S. Berger, M. C. Roncaglioni, F. Avanzini [et al.]. // JAMA. – 2006. – Vol. 295, No 3. – P. 306–313. doi: 10.1001/jama.295.3.306 PMID: 16418466
27. Cavallari L. H. Sex difference in the antiplatelet effect of aspirin in patients with stroke / L. H. Cavallari, C. M. Helgason, L. D. Brace [et al.]. // Ann Pharmacother. – 2006. – Vol. 40, No 5. – P. 812–817. doi: 10.1345/aph.1G569 PMID: 16608908
28. Richardson J. Gender differences and pain medication / J. Richardson, A. Holdcroft // Women's Health. – 2009. – Vol. 5, No 1. – P. 79–90. doi: 10.2217/17455057.5.1.79
29. Yin M. J. The anti-inflammatory agents aspirin and salicylate inhibit the activity of I(kappa)B kinase-beta / M. J. Yin, Y. Yamamoto, R. B. Gaynor // Nature. – 1998. – Vol. 396, No 6706. – P. 77–80. doi: 10.1038/23948 PMID: 9817203
30. Grilli M. Neuroprotection by aspirin and sodium salicylate through blockade of NF-kappa B activation / M. Grilli, M. Pizzi, M. Memo [et al.]. // Science. – 1996. – Vol. 274, No 5291. – P. 1383–1385. doi: 10.1126/science.274.5291.1383
31. Колпакова А. Ф. Транскрипционный фактор NF-κB играет ключевую роль в регуляции генов, участвующих в воспалительных и иммунных реакциях / А. Ф. Колпакова, Р. Н. Шарипов, А. Н. Латышева [и др.]. // Сибирское медицинское обозрение. – 2009. – № 3 (57). – С. 7–12.
32. Ragulina V. A. Nuclear factor kappa B as a potential target for pharmacological correction endothelium-associated pathology / Ragulina V. A., Kostina D. A., Dovgan A. P. [et al.]. // Research result:

- pharmacology and clinical pharmacology. – 2017. – Vol. 3, № 1 – P. 114–124. doi: 10.18413/2500-235X-2017-3-1-114-124
33. D'Acquisto F. Inhibition of nuclear factor kappa B (NF-B): an emerging theme in anti-inflammatory therapies / F. D'Acquisto, M. J. May, S. Ghosh // *Mol. Interv.* – 2002. – Vol. 2, No 1. – P. 22–35. doi: 10.1124/mi.2.1.22 PMID: 14993359
 34. Yoo C. G. Effect of acetylsalicylic acid on endogenous I kappa B kinase activity in lung epithelial cells / C. G. Yoo, S. Lee, C. T. Lee [et al.]. // *Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol.* – 2001. – Vol. 280, No 1. – P. 3–9. doi: 10.1152/ajplung.2001.280.1.L3 PMID: 11133489
 35. Muller D. N. Aspirin inhibits NF-kappaB and protects from angiotensin II-induced organ damage / D. N. Muller, V. Heissmeyer, R. Dechend [et al.]. // *FASEB J.* – 2001. – Vol. 15, No 10. – P. 1822–1824. doi: 10.1096/fj.00-0843fje PMID: 11481242
 36. Vane J. R. The mechanism of action of aspirin / J. R. Vane, R. M. Botting // *Thrombosis Research.* – 2003. – Vol. 110, No 5-6. – P. 255–258. doi: 10.1016/S0049-3848(03)00379-7
 37. Vane J. R. Cyclooxygenases 1 and 2 / J. R. Vane, Y. S. Bakhle, R. M. Botting // *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* – 1998. – Vol. 38. – P. 97–120. doi: 10.1146/annurev.pharmtox.38.1.97 PMID: 9597150
 38. Blobaum A. L. Structural and Functional Basis of Cyclooxygenase Inhibition / A. L. Blobaum, L. J. Marnett // *J. Med. Chem.* – 2007. – Vol. 50, No. 7. – P. 1425–1441. doi: 10.1021/jm0613166 PMID: 17341061
 39. Rouzer C. A. Cyclooxygenases: structural and functional insights / C. A. Rouzer, L. J. Marnett // *J. Lipid Res.* – 2009. – Vol. 50. – P. 29–34. doi: 10.1194/jlr.R800042-JLR200 PMID: 18952571 PMCID: PMC2674713
 40. Тимошук О. В. Простагландины – универсальные биорегуляторы в организме человека (обзор литературы) / О. В. Тимошук, И. С. Лембрик, З. П. Кочерга // *Запорожский медицинский журнал.* – 2018. – Т. 20, № 1 (106). – С. 121–127.
 41. Pinckard R. N. In vitro acetylation of plasma proteins, enzymes and DNA by aspirin / R. N. Pinckard, D. Hawkins, R. S. Farr // *Nature.* – 1968. – Vol. 219, No 5149. – P. 68–69. doi: 10.1038/219068a0 PMID: 4173352
 42. Rainsford K. D. Distribution of the acetyl compared with the salicyl moiety of acetylsalicylic acid. Acetylation of macromolecules in organs wherein side-effects are manifest / K. D. Rainsford, A. Schweitzer, K. Brune // *Biochem. Pharmacol.* – 1983. – Vol. 32, No 7. – P. 1301–1308. doi: 10.1016/0006-2952(83)90286-1 PMID: 6847719
 43. Alfonso L. F. Does aspirin acetylate multiple cellular proteins? (Review) / L. F. Alfonso, K. S. Srivenugopal, G. J. Bhat // *Mol. Med. Rep.* – 2009. – Vol. 2, No 4. – P. 533–537. doi: 10.3892/mmr_00000132
 44. Bjornsson T. D. Aspirin acetylates fibrinogen and enhances fibrinolysis. Fibrinolytic effect is independent of changes in plasminogen activator levels / T. D. Bjornsson, D. E. Schneider, H. J. Berger // *J. Pharmacol. Exp. Ther.* – 1989. – Vol. 250, No 1. – P. 154–161. PMID: 2746495
 45. Alfonso L. F. Aspirin inhibits camptothecin-induced p21CIP1 levels and potentiates apoptosis in human breast cancer cells / L. F. Alfonso, K. S. Srivenugopal, T. V. Arumugam [et al.]. // *Int. J. Oncol.* – 2009. – Vol. 34, No 3. – P. 597–608. doi: 10.3892/ijo_00000185 PMID: 19212664
 46. Honma K. Acetylsalicylate-human serum albumin interaction as studied by NMR spectroscopy – antigenicity-producing mechanism of acetylsalicylic acid / K. Honma, M. Nakamura, Y. Ishikawa // *Mol. Immunol.* – 1991. – Vol. 28, No 1-2. – P. 107–113. doi: 10.1016/0161-5890(91)90093-y PMID: 201112121.
 47. Черетаев И. В. Особенности электрических потенциалов нейронов *Helix albescens Rossm.* при действии эталонных и новосинтезированных салицилатов / И. В. Черетаев. – Симферополь: ТНУ, 2012. – 142 с.
 48. Карымова Е. А. Ионные механизмы кодирования ноцицептивных сигналов: роль медленных натриевых каналов: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.02 «Биофизика» / Е. А. Карымова. – СПб., 2009. – 18 с.
 49. Черетаев И. В., Нейротропные эффекты салицилатов: физиологические механизмы / И. В. Черетаев, Д. Р. Хусаинов, И. И. Кореньюк [и др.]. // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология, химия.* – 2019. – Т. 5 (71), № 4. – С. 201–213.

50. Зефирова А. Л. Ионные каналы нервного окончания / А. Л. Зефирова, Г. Ф. Ситдикова // Успехи физиол. наук. – 2002. – Т. 33, № 4 – С. 3–33.
51. Камкин А. Г. Физиология и молекулярная биология мембран клеток / А. Г. Камкин, И. С. Киселёва. – М.: Академия, 2008. – 592 с.
52. Костюк П. Г. Біофізика клітини як основа сучасної фармакотерапії / П. Г. Костюк // Журн. АМН України. – 2004. – Т. 10, № 1. – С. 220–225.
53. Шуба Я. М. Основи молекулярної фізіології іонних каналів / Я. М. Шуба. – К.: Наук. думка, 2010. – 448 с.
54. Черетаев И. В. Влияние ацетилсалициловой кислоты на электрическую активность нейронов ППа1 и ППа2 моллюска *Helix albescens* Rossm. / И. В. Черетаев, И. И. Кореньюк, Д. Р. Хусаинов [и др.]. // Молодой учёный. – 2015. – № 20 (100). – С. 106–113.
55. Вислобоков А. И. Современные представления о воздействии фармакологических средств на ионные каналы / А. И. Вислобоков, Ю. Д. Игнатов // Психофармакол. биол. наркол. – 2007. – Т. 7, № 3-4. – С. 2121–2130.
56. Дарбинян Т. М. Механизмы наркоза / Т. М. Дарбинян, В. Б. Головчинский. – М.: Медицина, 1972. – 264 с.
57. Hille B. Ionic channels of excitable membranes / Hille B. – University of Washington, 2001. – 722 p.
58. Черетаев И. В. Влияние неопиоидного анальгетика «Аспирин» на ГАМК-обусловленную сетевую активность нейронов гиппокампа новорождённых крысят / Черетаев И. В., Хусаинов Д. Р., Яковлев А. В. [и др.]. // Космос и биосфера : тез. докл. XII Международной крымской конференции. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. – С. 205–209.
59. Черетаев И. В. ГАМК-обусловленная сетевая активность нейронов гиппокампа крысят под влиянием различных концентраций аспирина / Черетаев И. В., Хусаинов Д. Р., Яковлев А. В., Ситдикова Г. Ф. // Материалы XXIII съезда Физиологического общества имени И. П. Павлова. – Воронеж: ИСТОКИ, 2017. – С. 2020–2022.
60. Черетаев И. В. Аспирин активизирует и синхронизирует спонтанные ГАМК-обусловленные сетевые ответы нейронов гиппокампа новорождённых крысят / И. В. Черетаев, Д. Р. Хусаинов, И. И. Кореньюк // IV научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского»: сб. тезисов участников. – Т. 2. – Симферополь: ТА, 2018. – С. 1212–1214.
61. Хусаинов Д. Р. Динамика калиевых токов нейронов крысят и улиток при действии аспирина / Д. Р. Хусаинов, А. В. Яковлев, Г. Ф. Ситдикова [и др.]. // Нейронаука для медицины и психологии: 13-й Международный междисциплинарный конгресс. Судак, Крым, Россия; 30 мая – 10 июня 2017 г.: Труды Конгресса / Под ред. Лосевой Е. В., Крючковой А. В., Логиновой Н. А. – М.: МАКС Пресс, 2017. – С. 437–438.
62. Никитин В. П. Простагландины и функциональная специфичность нейронов виноградной улитки / В. П. Никитин, В. В. Шерстнёв // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 1981. – Т. 13, № 6. – С. 580–588.
63. Карелов А. Е. Новые технологии в анестезиологии: пуриновая анальгезия / А. Е. Карелов, Д. А. Захаров, К. М. Лебединский [и др.] // Вест. Санкт-Петерб. ун-та. Серия 11. Медицина. – 2008. – № 1, Прил. – С. 77–82.
64. Черетаев И. В. Анализ АТФ-зависимых и кальциевых механизмов в реализации нейротропного действия аспирина и его производных / И. В. Черетаев, И. И. Кореньюк, Д. Р. Хусаинов [и др.]. // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 4. – С. 64–69.
65. Черетаев И. В. Аденозинтрифосфат- и кальцийзависимые механизмы в нейротропных эффектах салицилатов / И. В. Черетаев, И. И. Кореньюк, В. Ф. Шульгин [и др.]. // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 230–243.
66. Черетаев И. В. АТФ-зависимые и кальциевые механизмы влияния салицилатов на электрические потенциалы нейронов моллюска *Helix albescens* / И. В. Черетаев, И. И. Кореньюк, Д. Р. Хусаинов [и др.]. // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2015. – Т. 101, № 3. – С. 326–336.
67. Cheretaev I. V. ATP-Dependent and Calcium Mechanisms of the Effects of Salicylates on Electrical Potentials in Neurons in the Mollusk *Helix Albescens* / I. V. Cheretaev, I. I. Korenyuk, D. R. Khusainov

- [et al.]. // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. – 2016. – Vol. 46, No. 6. – P. 644–651. doi: 10.1007/s11055-016-0291-0
68. Крутецкая З. И. Ингибиторы циклооксигеназ и липоксигеназ модулируют эффект глутоксима и моликсана на внутриклеточную концентрацию Ca^{2+} в макрофагах / З. И. Крутецкая, Л. С. Курилова, В. Г. Антонов [и др.]. // *Доклады Академии Наук*. – 2013. – Т. 452, № 6. – С. 690–693. doi: 10.7868/S086956521331023X
69. Курилова Л. С. Влияние ингибиторов циклооксигеназ и липоксигеназ на Ca^{2+} -ответы, вызываемые глутоксимом и моликсаном, в макрофагах / Л. С. Курилова, З. И. Крутецкая, А. А. Наумова [и др.]. // *Цитология*. – 2014. – Т. 56, № 5. – С. 353–360.
70. Kokoska E. R. Nonsteroidal anti-inflammatory drugs attenuate epidermal growth factor-induced proliferation independent of prostaglandin synthesis inhibition / E. R. Kokoska, G. S. Smith, A. B. Wolff [et al.]. // *J. Surg. Res.* – 1999. – Vol. 84, № 2. – P. 186–192. doi: 10.1006/jsre.1999.5640 PMID: 10357918
71. Kokoska E. R. Store-operated calcium influx in human gastric cells: Role of endogenous prostaglandins / E. R. Kokoska, G. S. Smith, T. A. Miller // *Surgery*. – 1998. – Vol. 124, № 2. – P. 429–437. PMID: 9706168
72. Veld B. A. Nonsteroidal antiinflammatory drugs and the risk of the Alzheimer's disease / B. A. Veld, A. Ruitenbergh, A. Hofman [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2001. – Vol. 345, № 21. – P. 1515–1521. doi: 10.1056/NEJMoa010178 PMID: 11794217
73. Беспрозванный И. Б. Система кальциевой сигнализации при нейродегенерации / И. Б. Беспрозванный // *Acta Naturae*. – 2010. – Т. 2, № 1. – С. 80–88.
74. Войтенко Н. В. Болевые синдромы и внутриклеточная кальциевая сигнализация / Н. В. Войтенко, Е. П. Костюк, П. Г. Костюк // *Труды МФТИ*. – 2009. – Т. 1, № 1. – С. 17–22.
75. 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 [и др.]. // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2011. – Т. 14, № 4, Ч. 2. – С. 171–174.
76. Экклс Дж. Физиология синапсов / Дж. Экклс. – М.: Мир, 1966. – 395 с.
77. Meir A. Ion channels in presynaptic nerve terminals and control of transmitter release / A. Meir, S. Ginsburg, A. Butkevich [et al.] // *Physiol. Rev.* – 1999. – Vol. 79, № 3. – P. 1019–1088. doi: 10.1152/physrev.1999.79.3.1019 PMID: 10390521
78. Dilger J. P. The effects of general anaesthetics on ligand-gated ion channels / J. P. Dilger // *Br. J. Anaesth.* – 2002. – Vol. 89, № 1. – P. 41–51. doi: 10.1093/bja/aef161 PMID: 12173240
79. Scholz A. Mechanisms of (local) anaesthetics on voltage-gated sodium and other ion channels / Scholz A. // *Br. J. Anaesth.* – 2002. – Vol. 89, № 1. – P. 52–61. doi: 10.1093/bja/aef163 PMID: 12173241
80. Хусаинов Д. Р. Особенности противоболевой активности аспирина у крыс-самок в условиях умеренного электромагнитного экранирования / Д. Р. Хусаинов, Н. А. Темурьянц, К. Н. Туманянц // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2015. – Т. 1 (67), № 3. – С. 56–64.
81. Хусаинов Д. Р. Умеренное электромагнитное экранирование крыс нивелирует противоболевой эффект аспирина / Д. Р. Хусаинов, Н. А. Темурьянц, И. И. Коренюк [и др.]. // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2015. – № 7. – С. 76–78.
82. Темурьянц Н. А. Роль опиоидной системы в модуляции термонцицептивной чувствительности моллюсков при действии слабых электромагнитных факторов / Н. А. Темурьянц, А. С. Костюк // *Нейрофизиология/Neurophysiology*. – 2011. – Т. 43, № 5. – С. 432–441.
83. Темурьянц Н. А. Участие мелатонина в изменении ноцицепции моллюсков и мышей при длительном электромагнитном экранировании / Темурьянц Н. А., Костюк А. С. // *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. – 2013. – Т. 99, № 11. – С. 1333–1341.
84. Шилина В. В. Изменение аналгетического эффекта аспирина на фоне интоксикации солями тяжелых металлов и при блокировании D_2 -рецепторов / В. В. Шилина, Д. Р. Хусаинов, И. В. Черетаев [и др.]. // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 232–240.
85. Husainov D. R. Modifying action of heavy metal salts on anti-inflammatory aspirin action / D. R. Husainov, V. V. Shylina, I. I. Korenyuk [et al.]. // *Health*. – 2010. – Vol. 2, № 6. – P. 630–633. doi:10.4236/health.2010.26095

ANALGESIC AND ANTI-INFLAMMATORY EFFECTS OF
ACETYLSALICYLIC ACID: PHYSIOLOGICAL MECHANISMS

*Cheretaev I. V.¹, Khusainov D. R.¹, Chuyan E. N.¹, Ravaeva M. Yu.¹, Gusev A. N.¹,
Shulgin V. F.¹, Koreniuk I. I.¹, Ivanov S. A.²*

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

²*Specialized school No 1 named after D.I. Karbyshev with in-depth study of the French language,
Feodosia, Russia*

E-mail: cheretaev86@yandex.ru

The purpose of the review is to summarize current literature data and the results of our own research on the analgesic and anti-inflammatory effects of acetylsalicylic acid, as well as the physiological mechanisms underlying them. This acid is the most studied reference representative of salicylates, which is convenient to consider the physiological effects characteristic in general for this group of chemical and medicinal products.

Acetylsalicylic acid has analgesic properties against thermal pain and pain caused by electrical stimuli, as well as a pronounced anti-inflammatory effect. The realization of these properties depends on the peculiarities of aspirin metabolism in the body, ion and synaptic mechanisms for controlling the functional state of the cell, neurotransmitter systems of the central nervous system, and mechanisms of peripheral and central analgesia.

Analgesic properties of acetylsalicylic acid founded not only in normal, but also in ultra-small doses. Various physical and especially chemical factors significantly change their effects. This increases the interest in studying the analgesic activity of salicylates and their physiological mechanisms, since such studies can serve as a basis for creating new non-steroidal anti-inflammatory drugs with low toxicity and high safety for patients, and improve the strategy of their practical use.

Currently, the most detailed study of the physiological mechanism of analgesic and anti-inflammatory action of aspirin and its main metabolite – salicylic acid. However, it should be note that despite the abundance of existing data obtained in scientific studies of the effects of aspirin and its practical use, there are a number of unexplained aspects of the action of this drug, the mechanism of which has not yet been deciphered. The continuing interest in the effects and mechanisms of action of this drug and in connection with the expansion of its use evidenced by a consistently high number of scientific publications on aspirin in the most famous foreign and domestic publications. At the same time, the number of publications about aspirin is an order of magnitude higher than about any other drug known to humanity.

Keywords: analgesic effects, anti-inflammatory effects, salicylates, acetylsalicylic acid, physiological mechanisms.

References

1. Vejn A. M., *Pain syndromes in neurological practice*, 368 p. (Moscow, MED-press-inform, 2001).
2. Vengerovskij A. I., *Lectures on Pharmacology*, 390 p. (Tomsk, SibGMU, 2007).
3. Sapegin I. D., *Basic pharmacology*, 122 p. (KSMU, Simferopol, 2012).

4. Vertkin A. L., Naumov A. V., Shamuilova M. M., Ivanov V. S., Sugaipov A. A., Otpushenko A. A., Dilemma of choice of non-steroidal anti-inflammatory drugs in therapeutic practice, *Klinicist*, **8**, **2**, 46 (2008).
5. Katyushina O. V., Cheretaev I. V., Berezhnev L. Yu., Shilina V. V., Husainov D. R., Gamma T. V., The severity of antidepressant and analgesic effects of aspirin and its derivatives in a wide range of doses, *77th final scientific-practical conference with international participation, Krasnoyarsk, 23-26 April 2013*, pp. 427-429 (Krasnoyarsk, KrasGMU-Verso, 2013).
6. Katyushina O. V., *Mechanisms of the physiological effect of ultrasmall doses of aspirin and its derivatives*, 150 p. (Simferopol, TNU, 2013).
7. Mashkovskij M. D., *Medicines of the XX century*, 320 p. (Izdatel'stvo Novaya Volna, Moscow, 1998).
8. Dejl M. M., Formen K., *Guidelines for Immunopharmacology*, (Moscow, Medicina, 1998).
9. Mashkovskij M. D., Acetilsalicilovaya kislota v ryadu sovremennykh lekarstvennykh sredstv, *Him.-farm. zhurn.*, **28**, **2**, 4 (1994).
10. Mashkovskij M. D., *Lekarstvennye sredstva: v 2 t.*, **1**, 540 p. (Moscow, Izdatel'stvo Novaya Volna, 2002).
11. Osipova N. A., Abuzarova G. R., Petrova V. V., *Principles of using analgesics for acute and chronic pain*, 67 p. (Moscow, MNIIOI, 2010).
12. Kovalenko V. N., Viktorov A. P., *Compendium - 2005 – drugs*, 1920 p. (Kiev, Morion, 2005).
13. Katyushina O. V., Yakovchuk T. V., Korenyuk I. I., Husainov D. R., Gamma T. V., Cheretaev I. V., Effect of Ultra-low Doses Aspirin, Acetylsalicylate Cobalt and Zinc on Pain Sensitivity Rats, *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, **9**, 28 (2012).
14. Katyushina O. V., Shilina V. V., Korenyuk I. I., Gamma T. V., Cheretaev I. V., Changing the pain threshold under the action of aspirin and analgin in standard and ultra-low doses, *Wplyw badań naukowych: zbiór raportów naukowych Międzynarodowej Naukowi-Praktycznej Konferencji*, Bydgoszcz (28.04-30.04.2013), **1**, 71 (Warszawa, Diamond trading tour, 2013).
15. Katyushina O. V., Cheretaev I. V., Husainov D. R., Gamma T. V., Analgesic effect of ultra-low doses of aspirin and its salts on the background of D2-receptor blockade, *Vestnik Permskoj gosudarstvennoj farmaceuticheskoy akademii*, **1**, **10**, 59 (2013).
16. Katyushina O. V., Korenyuk I. I., Husainov D. R., Gamma T. V., Cheretaev I. V., Shul'gin V. F., Analgesic effect of ultra-low doses of aspirin against the background of oppression and stimulation of the dopaminergic system, *Proceedings of the IX international scientific and technical conference "Actual problems of biological physics and chemistry – 2013"*, April 23-27, 2013, 141 (SevNTU, Sevastopol', 2013).
17. Katyushina O. V., Husainov D. R., Korenyuk I. I., Gamma T. V., Cheretaev I. V., Kolotilova O. I., Anti-inflammatory activity of acetylsalicylic acid and its salts, *X Mizhnarodni Novorichni biologichni chitannya*, **10**, 186 (2010).
18. Benedetto M. A., Gender differences in the activities of aspirin-esterases in rat tissues, *Braz. J. Med. Biol. Res.*, **31**, **9**, 1113 (1998).
19. Colby H. D., *Regulation of hepatic drug and steroid metabolism by androgens and estrogens, Advances in Sex Hormone Research*, J. A. Thomas, R. L. Signal eds., **4**, 27 (Baltimore, Urban and Schwarzenberg, 1980).
20. Gustafsson J. A., Mode A., Norstedt G., Skett P., Sex steroid induced changes in hepatic enzymes, *Annual Review of Physiology*, **45**, 51 (1983).
21. Kennedy M. J., Hormonal regulation of hepatic drug-metabolizing enzyme activity during adolescence, *Clinical Pharmacology and Therapeutics*, **84**, **6**, 662 (2008).
22. Miners J. O., Grgurinovich N., Whitehead A. G., Robson R. A., Birkett D. J., Influence of gender and oral contraceptive steroids on the metabolism of salicylic acid and acetylsalicylic acid, *Br. J. Clin. Pharmacol.*, **22**, **2**, 135 (1986).
23. Menguy R., Desbaillets L., Masters Y. F., Okabe S., Evidence for a sex-linked difference in aspirin metabolism, *Nature*, **239**, **5367**, 102 (1972).
24. Kim D., Yang Y., Jakoby W. B., Aspirin hydrolyzing esterases from rat liver cytosol, *Biochem. Pharmacol.*, **40**, **3**, 481 (1990).
25. Tamargo J., Rosano G., Walther T., Duarte J., Niessner A., Kaski J. C., Ceconi C., Drexel H., Kjeldsen K., Savarese G., Torp-Pedersen C., Atar D., Lewis B. S., Agewall S., Gender differences in the

- effects of cardiovascular drugs, *European Heart Journal - Cardiovascular Pharmacotherapy*, **3**, 163 (2017).
26. Berger J. S., Roncaglioni M. C., Avanzini F., Pangrazzi I., Tognoni G., Brown D. L., Aspirin for the primary prevention of cardiovascular events in women and men: a sex-specific meta-analysis of randomized controlled trials, *JAMA*, **295**, **3**, 306 (2006).
 27. Cavallari L. H., Helgason C. M., Brace L. D., Viana M. A., Nutescu E. A., Sex difference in the antiplatelet effect of aspirin in patients with stroke, *Ann. Pharmacother.*, **40**, **5**, 812 (2006).
 28. Richardson J., Holdcroft A., Gender differences and pain medication, *Women's Health*, **5**, **1**, 79 (2009).
 29. Yin M. J., Yamamoto Y., Gaynor R. B., The anti-inflammatory agents aspirin and salicylate inhibit the activity of I(kappa)B kinase-beta, *Nature*, **396**, **6706**, 77 (1998).
 30. Grilli M., Pizzi M., Memo M., Spano P., Neuroprotection by aspirin and sodium salicylate through blockade of NF-kappa B activation, *Science*, **274**, **5291**, 1383 (1996).
 31. Kolpakova A. F., Sharipov R. N., Latysheva A. N., Kolpakov F. A., Transkripcionnyj faktor NF-κB igraet klyuchevuyu rol' v reguljacii genov, uchastvuyushchih v vospalitel'nyh i immunnyh reakcijah, *Sibirskoe medicinskoe obozrenie*, **3** (**57**), 7 (2009).
 32. Ragulina V. A., Kostina D. A., Dovgan A. P., Burda Y. E., Nadezhdin S. V., Nuclear factor kappa B as a potential target for pharmacological correction endothelium-associated pathology, *Research result: pharmacology and clinical pharmacology*, **3**, **1**, 114 (2017).
 33. D'Acquisto F., May M. J., Ghosh S., Inhibition of nuclear factor kappa B (NF-B): an emerging theme in anti-inflammatory therapies, *Mol. Interv.*, **2**, **1**, 22 (2002).
 34. Yoo C. G., Lee S., Lee C. T., Kim Y. W., Han S. K., Shim Y. S., Effect of acetylsalicylic acid on endogenous I kappa B kinase activity in lung epithelial cells, *Am. J. Physiol. Lung. Cell. Mol. Physiol.*, **280**, **1**, 3 (2001).
 35. Muller D. N., Heissmeyer V., Dechend R., Hampich F., Park J. K., Fiebeler A., Shagdarsuren E., Theuer J., Elger M., Pilz B., Breu V., Schroer K., Ganten D., Dietz R., Haller H., Scheidereit C., Luft F. C., Aspirin inhibits NF-kappaB and protects from angiotensin II-induced organ damage, *FASEB J.*, **15**, **10**, 1822 (2001).
 36. Vane J. R., Botting R. M., The mechanism of action of aspirin, *Thrombosis Research*, **110**, **5-6**, 255 (2003).
 37. Vane J. R., Bakhle Y. S., Botting R. M., Cyclooxygenases 1 and 2, *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, **38**, 97 (1998).
 38. Blobaum A. L., Marnett L. J., Structural and Functional Basis of Cyclooxygenase Inhibition, *J. Med. Chem.*, **50**, **7**, 1425 (2007).
 39. Rouzer C. A., Marnett L. J., Cyclooxygenases: structural and functional insights, *J. Lipid Res.*, **50**, 29 (2009).
 40. Timoshchuk O. V., Lembrik I. S., Kocherga Z. R., Prostaglandiny – universal'nye bioregulatory v organizme cheloveka (obzor literatury), *Zaporozhskij medicinskij zhurnal*, **20**, **1** (**106**), 121 (2018).
 41. Pinckard R. N., Hawkins D., Farr R. S., In vitro acetylation of plasma proteins, enzymes and DNA by aspirin, *Nature*, **219**, **5149**, 68 (1968).
 42. Rainsford K. D., Schweitzer A., Brune K., Distribution of the acetyl compared with the salicyl moiety of acetylsalicylic acid. Acetylation of macromolecules in organs wherein side-effects are manifest, *Biochem. Pharmacol.*, **32**, **7**, 1301 (1983).
 43. Alfonso L. F., Srivenugopal K. S., Bhat G. J., Does aspirin acetylate multiple cellular proteins? (Review), *Mol. Med. Rep.*, **2**, **4**, 533 (2009).
 44. Bjornsson T. D., Schneider D. E., Berger H. J., Aspirin acetylates fibrinogen and enhances fibrinolysis. Fibrinolytic effect is independent of changes in plasminogen activator levels, *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, **250**, **1**, 154 (1989).
 45. Alfonso L. F., Srivenugopal K. S., Arumugam T. V., Abbruscato T. J., Weidanz J. A., Bhat G. J., Aspirin inhibits camptothecin-induced p21CIP1 levels and potentiates apoptosis in human breast cancer cells, *Int. J. Oncol.*, **34**, **3**, 597 (2009).
 46. Honma K., Nakamura M., Ishikawa Y., Acetylsalicylate-human serum albumin interaction as studied by NMR spectroscopy – antigenicity-producing mechanism of acetylsalicylic acid, *Mol. Immunol.*, **28**, **1-2**, 107 (1991).

47. Cheretaev I. V., *Features of electric potentials of Helix albescens Rossm. molluscs neurons at the action of standard and newly synthesized salicylates*, 142 p. (Simferopol, TNU, 2012).
48. Karymova E. A., *Ionnye mekhanizmy kodirovaniya nociceptivnyh signalov: rol' medlennyh natrievykh kanalov*, 18 s. (SPb., 2009).
49. Cheretaev I. V., Khusainov D. R., Koreniuk I. I., Chuyan E. N., Ravaeva M. Yu., Shulgin V. F., Gusev A. N., Neurotropic effects of salicylates: physiological mechanisms, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry.*, **5 (71)**, 4, 201 (2019).
50. Zefirov A. L., Sitdikova G. F., Ionnye kanaly nervnogo okonchaniya, *Uspekhi fiziol. Nauk*, **33, 4**, 3 (2002).
51. Kamkin A. G., Kiselyova I. S., *Fiziologiya i molekulyarnaya biologiya membran kletok*, 592 p. (Akademiya, Moskva, 2008).
52. Kostyuk P. G., Biofizika klitini yak osnova suchasnoi farmakoterapii, *Zhurn. AMN Ukraini*, **10, 1**, 220 (2004).
53. Shuba YA. M., *Osnovi molekulyarnoi fiziologii ionnih kanaliv*, 448 p. (Kiev, Naukova dumka, 2010).
54. Cheretaev I. V., Korenyuk I. I., Husainov D. R., Chajka A. V., Vliyanie acetilsalicilovoy kisloty na elektricheskuyu aktivnost' neyronov PPa1 i PPa2 mollyuska *Helix albescens* Rossm., *Molodoy uchyonyj*, **20 (100)**, 106 (2015).
55. Vislobokov A. I., Ignatov Yu. D., Sovremennye predstavleniya o vozdeystvii farmakologicheskikh sredstv na ionnye kanaly, *Psihofarmakol. biol. narkol.*, **7, 3-4**, 2121 (2007).
56. Darbinyan T. M., Golovchinskij V. B., *Mekhanizmy narkoza*, 264 p. (Moskva, Medicina, 1972).
57. Hille B., *Ionic channels of excitable membranes*, 722 p. (University of Washington, Istoki, 2001).
58. Cheretaev I. V., Husainov D. R., Yakovlev A. V., Sitdikova G. F., Korenyuk I. I., Vliyanie neopiodnogo anal'getika «Aspirin» na GAMK-obuslovlennuyu setevuyu aktivnost' neyronov gippokampa novorozhdyonnykh krysyat, *Tez. dokl. XII Mezhdunarodnoj krymskoj konferencii Kosmos i biosfera*, 205 (Simferopol, IT ARIAL, 2017).
59. Cheretaev I. V., Husainov D. R., Yakovlev A. V., Sitdikova G. F., GAMK-obuslovlennaya setevaya aktivnost' neyronov gippokampa krysyat pod vliyaniem razlichnykh koncentracij aspirina, *Materialy XXIII s'ezda Fiziologicheskogo obshchestva imeni I. P. Pavlova*, 2020 (Voronezh, Istoki, 2017).
60. Cheretaev I. V., Husainov D. R., Korenyuk I. I., Aspirin aktiviruet i sinhroniziruet spontannye GAMK-obuslovlennye setevye otvety neyronov gippokampa novorozhdyonnykh krysyat, *IV nauchno-prakticheskaya konferenciya professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov, studentov i molodykh uchenykh «Dni nauki KFU im. V.I. Vernadskogo» abstr.*, 2, 1212 (Simferopol, TA, 2018).
61. Husainov D. R., Yakovlev A. V., Sitdikova G. F., Cheretaev I. V., Chajka A. V., Halikova E. V., Dinamika kalievyykh tokov neyronov krysyat i ulitok pri deystvii aspirina, *Nejronauka dlya mediciny i psihologii: 13-j Mezhdunarodnyj mezhdisciplinarnyj kongress. Sudak, Krym, Rossiya 30.05–10.06.2017*, 437 (Moskva, MAKSS Press, 2017).
62. Nikitin V. P., Sherstnyov V. V., Prostaglandiny i funktsional'naya specifichnost' neyronov vinogradnoj ulitki, *Nejrofiziologiya/Neurophysiology*, **13, 6**, 580 (1981).
63. Karel'ov A. E., Zaharov D. A., Lebedinskij K. M., Semyonov D. A., Novye tekhnologii v anesteziologii: purinovaya analgeziya, *Vestnik SPbSU. Medicine*, 1, S., 77 (2008).
64. Cheretaev I. V., Korenyuk I. I., Husainov D. R., Katyushina O. V., Gamma T. V., Kolotilova O. I., Analysis of ATP-dependent and calcium mechanisms in the neurotropic effect of aspirin and its derivatives, *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, **4**, 64 (2013).
65. Cheretaev I. V., Korenyuk I. I., Shulgin V. F., Husainov D. R., Katyushina O. V., Kolotilova O. I., Adenosinetriphosphate- and calciumdependence mechanisms of salicylate neurotropic effects, *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*, **25 (64), 1**, 230 (2012).
66. Cheretaev I. V., Korenyuk I. I., Husainov D. R., Gamma T. V., Kolotilova O. I., Nozdrachyov A. D. ATP- and calcium-dependent mechanisms of salicylates influence on electric potentials of neurons in mollusk *Helix albescens*, *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova*, **101, 3**, 326 (2015).
67. Cheretaev I. V., Korenyuk I. I., Khusainov D. R., Gamma T. V., Kolotilova O. I., Nozdrachev A. D., ATP-Dependent and Calcium Mechanisms of the Effects of Salicylates on Electrical Potentials in Neurons in the Mollusk *Helix Albescens*, *Neuroscience and Behavioral Physiology*, **46, 6**, 644 (2016).

68. Kruteckaya Z. I., Kurilova L. S., Antonov V. G., Nozdrachyov A. D., Inhibitory ciklooksigenaz i lipoksigenaz moduliruyut effekt glutoksima i moliksana na vnutrikletochnuyu koncentraciyu Ca^{2+} v makrofagah, *Doklady Akademii Nauk*, **452**, **6**, 690 (2013).
69. Kurilova L. S., Kruteckaya Z. I., Naumova A. A., Butov S. N., Kruteckaya N. I., Antonov V. G., Vliyanie inhibitorov ciklooksigenaz i lipoksigenaz na Ca^{2+} -otvety, vyzyvayemye glutoksimom i moliksanom, v makrofagah, *Citologiya*, **56**, **5**, 353 (2014).
70. Kokoska E. R., Smith G. S., Wolff A. B., Miller T. A., Nonsteroidal anti-inflammatory drugs attenuate epidermal growth factor-induced proliferation independent of prostaglandin synthesis inhibition, *J. Surg. Res.*, **84**, **2**, 186 (1999).
71. Kokoska E. R., Smith G. S., Miller T. A., Store-operated calcium influx in human gastric cells: Role of endogenous prostaglandins, *Surgery*, **124**, **2**, 429 (1998).
72. Veld B. A., Ruitenbergh A., Hofman A., Launer L. J., van Duijn C. M., Stijnen T., Breteler M. M., Stricker B.H., Nonsteroidal antiinflammatory drugs and the risk of the Alzheimer's disease, *N. Engl. J. Med.*, **345**, **21**, 1515 (2001).
73. Besprozvannyj I. B., System of calcium signaling during neurodegeneration, *Acta Naturae*, **2**, **1**, 80 (2010).
74. Vojtenko N. V., Kostyuk E. P., Kostyuk P. G., Bolevyie sindromy i vnutrikletochnaya kal'cievaya signalizaciya, *Trudy MFTI*, **1**, **1**, 17 (2009).
75. Husainov D. R., Cheretaev I. V., Katyushina O. V., Korenyuk I. I., Gamma T. V., Kolotilova O. I. The effect of acetylsalicylic acid and its salts on synaptic retention in the subpharyngeal ganglia of a snail, *Tavricheskij mediko-biologicheskij vestnik*, **14**, **4** (2) 171 (2011).
76. Ekks Dzh., *Fiziologiya sinapsov*, 395 p. (Moskva, Mir, 1966).
77. Meir A., Ginsburg S., Butkevich A., Kachalsky S. G., Kaiserman I., Ahdut R., Demirgoren S., Rahamimoff R., Ion channels in presynaptic nerve terminals and control of transmitter release, *Physiol. Rev.*, **79**, **3**, 1019 (1999).
78. Dilger J. P., The effects of general anaesthetics on ligand-gated ion channels, *Br. J. Anaesth.*, **89**, **1**, 41 (2002).
79. Scholz A., Mechanisms of (local) anaesthetics on voltage-gated sodium and other ion channels, *Br. J. Anaesth.*, **89**, **1**, 52 (2002).
80. Husainov D. R., Temur'yanc N. A., Tumanyanc K. N., Peculiarities of analgesic activity of aspirin in female rats under conditions of moderate electromagnetic shielding, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry.*, **1** (67), 3, 56 (2015).
81. Husainov D. R., Temur'yanc N. A., Korenyuk I. I., Cheretaev I. V., Chajka A. V., Tumanyanc K. N. Moderate electromagnetic shielding of rats neutralizes the analgesic effect of aspirin, *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, **7**, 76 (2015).
82. Temur'yanc N. A., Kostyuk A. S., The role of the opioid system in modulating the thermociceptive sensitivity of mollusks under the action of weak electromagnetic factors, *Nejrofiziologiya/Neurophysiology*, **43**, **5**, 432 (2011).
83. Temur'yanc N. A., Kostyuk A. S., Participation of melatonin in change of nociception of snails and mice under influence of long-term electromagnetic shielding, *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*, **99**, **11**, 1333 (2013).
84. Husainov D. R., Shylina V. V., Korenyuk I. I., Shulgin V. F., Modifying action of heavy metal salts on anti-inflammatory aspirin action, *Health*, **2**, **6**, 630 (2010).
85. Shilina V. V., Husainov D. R., Cheretaev I. V., Korenyuk I. I., Analgesic Effect of Aspirin Against a Background of Heavy Metal Salts Intoxication and After Blocking D_2 -receptors, *Scientific Notes of Taurida V. I. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry.*, **27** (66), **1**, 232 (2014).

УДК 633+546.23

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-1-220-230

ВЛИЯНИЕ НАНОСЕЛЕНА НА СОДЕРЖАНИЕ ИОНОВ K^+ , Na^+ И Cl^- В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ЗАСОЛЕНИЯ И ЗАСУХИ

Юркова И. Н.¹, Омельченко А. В.¹, Зубоченко А. А.², Панов Д. А.¹, Данилова И. Л.²

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

²*ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,*

Симферополь, Республика Крым, Россия

E-mail: nanosilver@rambler.ru

Впервые проведено исследование протекторного действия наноконпозиции селена на содержание K^+ , Na^+ и Cl^- в листьях и корнях, а также их взаимосвязь с водным статусом листьев в проростках пшеницы в условиях комбинированного действия хлоридного засоления и засухи. Действие наноселена увеличивает поглощение ионов K^+ как корнями, так и листьями. При этом поглощение ионов Na^+ значительно снижается. Протекторное действие наноселена также проявляется в поддержании высокого водного статуса листьев пшеницы.

Ключевые слова: наноселен, пшеница, стресс, засуха, засоление, содержание ионов, водный статус.

ВВЕДЕНИЕ

Засоление почв относится к одной из наиболее важных проблем для сельского хозяйства. Однако деятельность человека вносит существенный вклад в увеличение засоленных площадей. Применение методов орошения в дальнейшем будет приводить лишь к увеличению засоленных площадей. В большинстве случаев действие засоления проявляется совместно с водным дефицитом, усиливая друг друга [1, 2]. Поэтому комбинированное действие засоления и засухи можно считать важным абиотическим фактором внешней среды, определяющим способность растений адаптироваться к неблагоприятным условиям.

Одним из наиболее опасных видов засоления является натрий-хлоридное, при котором повреждающее действие на растения оказывают как ионы натрия, так и хлора [3, 4]. Главная задача растений при адаптации к такому виду засоления заключается в поддержании низкой внутриклеточной концентрации ионов натрия. Установлено, что значительная роль в этом процессе принадлежит двум белкам, регулирующим ионный гомеостаз, а также факторам гормональной природы [5–7].

Механизм взаимодействия гормональной и антиоксидантной систем растений практически не изучен. Однако известно, что физиологические процессы,

протекающие в стрессовых условиях с участием ферментов и антиоксидантов, тесно связаны друг с другом [8–10].

На содержание некоторых ферментов значительное влияние оказывает селен [11, 12]. Установлено, что селен способствует усилению адаптивного потенциала растений в условиях окислительного стресса, вызванного различными факторами [13–16]. В ряде работ показана положительная роль селена на рост и развитие растений, в том числе в условиях почвенной засухи и гипотермии [17–20].

Несмотря на значительное количество работ по исследованию влияния селена на физиологические процессы, протекающие в растениях, подавляющее большинство из них проведено с использованием ионных форм селена, отличающихся высокой токсичностью. Наименее токсичным и биологически доступным является селен в форме наночастиц, стабилизированных природными биологически активными веществами [21, 22]. Анализ отечественной и зарубежной литературы свидетельствует об отсутствии данных по влиянию наночастиц селена на накопление и распределение ионов K^+ , Na^+ и Cl^- в растениях в условиях комбинированного стресса засолением и засухой.

В связи с этим целью работы было исследование влияния водорастворимой композиции наноселена, стабилизированного альгинатом натрия, на содержание ионов K^+ , Na^+ и Cl^- в проростках пшеницы в условиях комбинированного действия засоления и засухи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были семена озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Жнея и водорастворимая композиция наночастиц селена, полученная по оригинальной технологии, разработанной в Крымском федеральном университете им. В. И. Вернадского. Наноселен (Se^0) получали восстановлением селенистоокислого натрия (хч) L-цистеином («Synex Pharma», Китай) в присутствии стабилизатора альгината натрия (натриевая соль альгиновой кислоты, «Fluka») [22].

Для исследования протекторного действия наноселена в условиях комбинированного действия засоления и засухи семена пшеницы замачивали в течение 4 часов в растворе наноселена в концентрации 10,0; 20,0 и 30,0 мг/л (по селену). Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде. Объем выборки составлял 30 семян в трехкратной повторности для каждого варианта. Растения пшеницы выращивали в течение 10 суток в контролируемых условиях в климатической камере («Binder», Германия) в сосудах емкостью 1,0 л, 16-часовом фотопериоде, температуре 25/20 °С (день/ночь) и относительной влажности воздуха 60±5 %. В качестве субстрата использовали хорошо отмытый речной песок. Относительная влажность субстрата составляла 60 % от его полной влагоемкости, которую определяли по ГОСТу [23]. Вместе с дистиллированной водой в опытные сосуды вносили 100 мМ раствор NaCl. Контролем 1 служили проростки пшеницы, выращенные в песке, увлажненном дистиллированной водой, а контролем 2 – в песке, увлажненном раствором NaCl. Заданная влажность песка составляла 60 % от полной влагоемкости. На 10-е сутки влажность песка снизилась до 30 %, что принято считать умеренной засухой [24].

На 10 сутки определяли массу сырого и сухого вещества и содержание ионов Na^+ , K^+ и Cl^- в листьях и корнях, а также относительное содержание воды (ОСВ) в листьях.

Для определения содержания K^+ , Na^+ и Cl^- промытые дистиллированной водой листья и корни проростков пшеницы измельчали в фарфоровой ступке с кварцевым песком и извлекали водной экстракцией при 100°C , а затем центрифугировали 20 мин при 3000 об./мин. Концентрации K^+ и Na^+ в экстрактах листьев и корней определяли с помощью пламенного фотометра Flapho-4 по ГОСТ 26950-86 и ГОСТ 26427-85. Концентрацию Cl^- – методом титрования ионов хлоридов в водных растворах с AgNO_3 по ГОСТ 26425-85. Содержание ионов рассчитывали на сырой вес органов.

Относительное содержание воды (ОСВ) определяли согласно методике, описанной в работе [25]. Сырую и сухую массу листьев и корней проростков определяли гравиметрическим методом. Сырую массу определяли сразу после отделения листа от растения. Для определения тургорной массы дифференцированную часть листьев помещали в закрытые стеклянные сосуды с дистиллированной водой при 20°C на 16 ч при рассеянном свете. ОСВ рассчитывали по формуле: $\text{ОСВ} = (\text{сырая масса} - \text{сухая масса}) : (\text{тургорная масса} - \text{сухая масса}) \times 100 \%$. Для определения сухой массы растительный материал фиксировали в течение 5 мин при 110°C и довели его до постоянной массы при 60°C .

Эксперименты проводили в 3-кратной биологической повторности. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Г. Ф. Лакину [26], в таблице представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях засоления для поддержания процессов жизнедеятельности в нормальном состоянии растения снижают поглощение ионов Na^+ клетками активно функционирующих органов (листьев и генеративных органов). Установлено, что наиболее солеустойчивые виды растений эффективно выводят Na^+ из стеблей и листьев и активно поглощают ионы K^+ [27, 28]. Как правило, транспорт засоляющих ионов в листья контролируется растением и не приводит к значительному накоплению в них натрия [29].

Как показано на рис. 1, в условиях комбинированного засоления и засухи (контроль 2) содержание ионов Na^+ было значительно выше как в корнях, так и в листьях по сравнению с контрольным вариантом (без NaCl). При этом соотношение содержания Na^+ корень/листья уменьшилось в 2,5 раза. С увеличением концентрации наноселена содержание Na^+ в листьях и корнях значительно снижалось. При этом наименьшее содержание Na^+ было отмечено в листьях, что может свидетельствовать об усилении барьерной функции корней. Максимальное влияние наноселена на содержание натрия в проростках наблюдалось при концентрации 20 мг/л, когда соотношение Na^+ корень/листья было близко к контрольному варианту (без NaCl). С целью предупреждения избыточного накопления натрия в цитоплазме клеток в корнях наблюдается избирательное поглощение, а также активное отведение и

компартиментация поглощенного натрия в апопласте или вакуолях клеток стебля для снижения дальнейшего передвижения Na^+ в листья [30]. При дальнейшем увеличении концентрации наноселена (30 мг/л) положительный эффект незначительно снижался. Это коррелирует с результатами накопления биомассы, активностью окислительно-восстановительных ферментов каталазы и пероксидазы, а также содержанием пролина, полученными нами ранее [31].

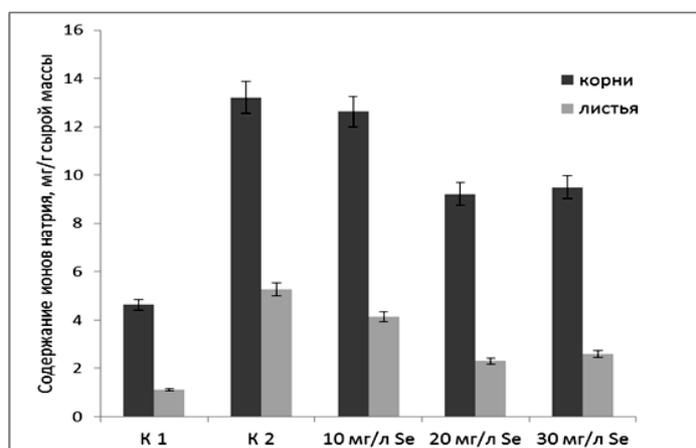


Рис. 1. Влияние наноселена на содержание ионов натрия в корнях и листьях проростков пшеницы в условиях комбинированного действия засоления и засухи.

При изучении натрий-хлоридного засоления основное внимание уделяется поглощению и транспорту ионов Na^+ , поскольку установлено, что именно его специфическое токсическое действие приводит к негативному воздействию на растения. Ионы Cl^- являются относительно инертными анионами, которые могут накапливаться в тканях растений в больших количествах и не вызывать видимых повреждений [32, 33]. Содержание ионов Cl^- во всех вариантах опыта было выше, чем Na^+ . Это может быть связано с тем, что Cl^- обладают большей подвижностью в почвенном растворе и меньшей токсичностью для растений по сравнению с Na^+ (рис. 2).

Калий выполняет важные функции в клетке, являясь активатором ряда ферментов, увеличивает вязкость цитоплазмы, повышая ее осмотическую потенцию [34]. В условиях засоления Na^+ конкурирует с K^+ при поглощении и передвижении по общей транспортной системе растения. Это приводит к значительному повышению содержания Na^+ в цитозоле клеток и увеличению отношения Na^+/K^+ , обуславливая метаболическую токсичность натрия [35].

В условиях комбинированного засоления и засухи (контроль 2) содержание ионов K^+ в листьях в несколько раз выше, чем в корнях (рис. 3). Такая же зависимость наблюдалась и в контрольном варианте без NaCl (контроль 1). Однако в условиях засоления без наноселена соотношение содержания ионов K^+ корень/листья было в 2,2 раза ниже, чем в контроле 1. Во всех вариантах с

наноселеном содержание ионов K^+ было значительно выше, чем в контроле 2 (NaCl, без наноселена) как в листьях, так и в корнях, а в листьях соответствовало контрольному варианту (без засоления). При этом соотношение содержания ионов K^+ корень/листья увеличивалось по сравнению с контрольным вариантом 2. На основании полученных данных можно предположить, что в условиях комбинированного засоления и засухи наноселен, повышая соле- и засухоустойчивость, может влиять на транспортные функции высокоселективных калиевых каналов.

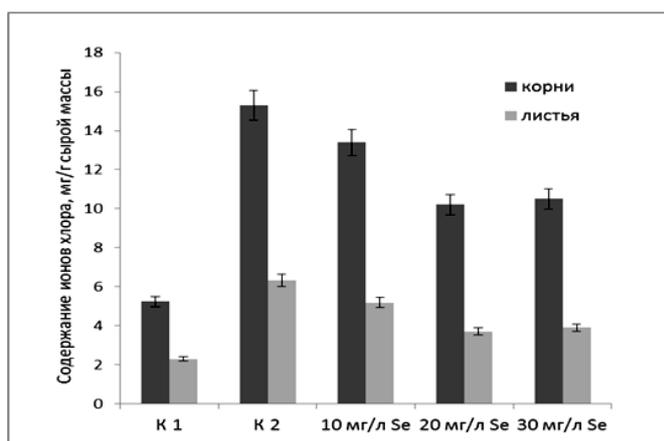


Рис. 2. Влияние наноселена на содержание ионов хлора в корнях и листьях проростков пшеницы в условиях комбинированного действия засоления и засухи.

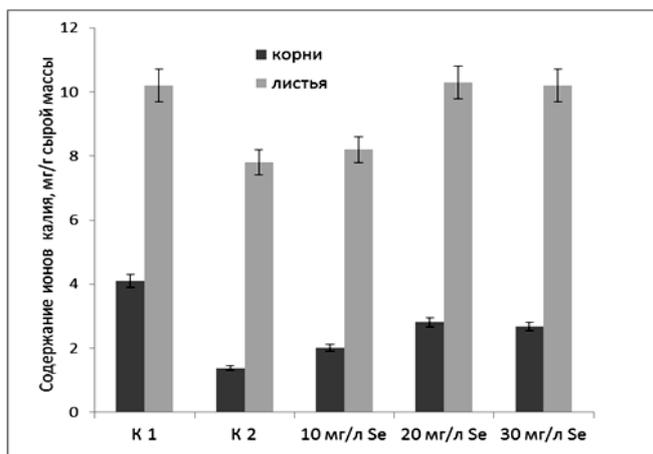


Рис. 3. Влияние наноселена на содержание ионов калия в корнях и листьях проростков пшеницы в условиях комбинированного действия засоления и засухи.

Способность растений адекватно отвечать и выживать в условиях засоления и водного дефицита зависит от эффективности их защитных механизмов. Наиболее точно водный статус растений характеризует относительное содержание воды (ОСВ), отражающее степень насыщенности тканей водой по сравнению с полной тургесцентностью. Обнаруженное ранее стимулирующее действие наноселена на проростки пшеницы в условиях комбинированного действия засоления и засухи позволило высказать предположение, что наноселен также оказывает влияние на водный статус. Как показали исследования, в варианте с засолением (контроль 2) результаты ОСВ незначительно отличались от контроля 1 (рис. 4).

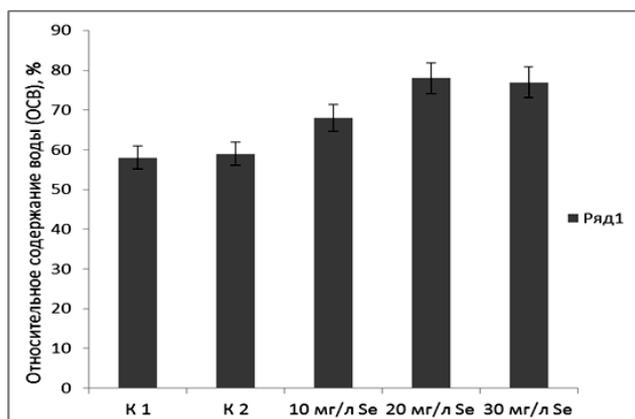


Рис. 4. Влияние наноселена на относительное содержание воды в листьях проростков пшеницы в условиях комбинированного действия засоления и засухи.

Несмотря на значительное снижение влажности субстрата проростки пшеницы оказались способными поддерживать достаточный уровень обводненности листьев при значительном снижении влажности субстрата. Вероятно, при совместном действии солевого и водного стрессов (контроль 2) в этих условиях отрицательное влияние дефицита воды при засолении 100 мМ NaCl значительно менее выражено по сравнению с действием засухи (контроль 1). Наноселен оказывал заметное протекторное действие, повышая ОСВ в листьях на 15,3–32,2 % по сравнению с контрольным вариантом 2 (NaCl).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно утверждать, что наноселен в условиях комбинированного засоления и засухи оказывает протекторное действие на проростки пшеницы, увеличивая поглощение ионов K^+ и снижая поглощение ионов Na^+ в корнях и листьях, а также повышая водный статус листьев.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Совета Министров Республики Крым в рамках научного проекта № 19-44-910003 p_a «Исследование закономерностей влияния наноконпозиции селена на стрессоустойчивость пшеницы в условиях комбинированного действия засоления и засухи».

Список литературы

1. Шевелуха В. С. Проблемы, приоритеты и масштабы сельскохозяйственной биотехнологии в XXI веке / В. С. Шевелуха // Вестник РАСХН. – 2000. – № 4. – С. 5–13.
2. Иванов А. А. Совместное действие водного и солевого стрессов на фотосинтетическую активность листьев пшеницы разного возраста / А. А. Иванов // Физиология и биохимия культ. растений. – 2013. – Т. 45, № 2. – С. 155–163.
3. Wang W. B. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses / W. B. Wang, Y. H. Kim, H. S. Lee [et al.] // Plant Physiol Biochem. – 2009. – Vol. 4. – P. 570–577.
4. Miller G. Reactive oxygen signaling and abiotic stress / G. Miller, V. Shulaev, R. Mittler // Physiol Plant. – 2008. – Vol. 133. – P. 481–489.
5. Reactive oxygen species signalling in plants under abiotic stress / S. Choudhury, P. Panda, L. Sahoo [et al.] // Plant Signal Behav. – Vol. 8. – P. 236–281.
6. Reactive oxygen gene network of plants / R. Mittler, S. Vanderauwera, M. Gollery [et al.] // Plant Sci. – 2004. – Vol. 9. – P. 490–498.
7. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status / P. E. Verslues, M. Agarwal, S. Katiyar-Agarwal [et al.] // Plant J. – 2006. – 45, No 4. – P. 523–539.
8. Физиологические механизмы повышения солеустойчивости растений рапса брассиностероидами / М. В. Ефимова, А. Л. Савчук, Дж. А. К. Хасан [и др.] // Физиология растений. – 2014. – Т. 61, № 6. – С. 778–789.
9. Биологическая активность наноразмерного коллоидного селена / И. Н. Никонов, Ю. Г. Фолманис, Л. В. Коваленко [и др.] // Доклады академии наук. – 2012. – Т. 447, № 6. – С. 675–677.
10. Вихрева В. А. Влияние селена на рост, развитие и адаптивный потенциал козлятника восточного (*Galea orientalis*): автореф. дис. на соискан. учен. степ. канд. биол. наук / Валерия Александровна Вихрева – Москва, 2001. – 28 с.
11. Pennanen A. Protective role of selenium in plants subjected to severe UV irradiation stress / A. Pennanen, T. L. Хуе, Н. Hartikainen // J. Appl. Bot. – 2002. – Vol. 76. – P. 66–76.
12. Кузнецов В. Вл. Защитное действие селена при адаптации растений пшеницы к условиям засухи: автореф. дис. на соискан. учен. степ. канд. биол. наук / Василий Владимирович Кузнецов – Москва, 2004. – 21 с.
13. Головацкая И. Ф. Влияние селена на морфогенез и биохимические параметры растений *Triticum aestivum* L. в зависимости от селективного света / Головацкая И. Ф., Кулагина Ю. М., Крахалева А. В., Карначук Р. А. // Агрехимия. – 2013. – № 5. – С. 558–565.
14. Selenium an antioxidative protectant in soybean during senescence / M. Djanaguiraman, D. D. Devi, A. K. Shanker [et al.] // Plant Soil. – 2005. – Vol. 272. – P. 77–86.
15. Kong L. Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress / L. Kong, M. Wang, D. Bi // Plant Growth Regul. – 2005. – Vol. 45. – P. 155–163.
16. Nonsense mutations in folliculin presenting as isolated familial spontaneous pneumothorax in adults / R. V. Graham, M. Nolasco, B. Peterlin [et al.] // Am J. Respir Crit Care Med. – 2005. – Vol. 172, No 1. – P. 39–44.
17. Юркова И. Н. Влияние наночастиц селена и селенита натрия на рост и развитие растений пшеницы / И. Н. Юркова, А. В. Омельченко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия: «Биология, химия». – 2015. – Т. 1 (67), № 3. – С. 99–106.

18. Kuznetsov V.I. Polyamines and plant adaptation to saline environments / V.I. Kuznetsov, N. I. Shevyakova // Desert Plants / Ed. Ramawat K. A. Heidelberg; Dordrecht; London; New York: Springer Verlag, 2010. – P. 261–298.
19. Кулагина Ю. М. Влияние селенита натрия на рост и развитие растений пшеницы в зависимости от способа обработки / Ю. М. Кулагина, И. Ф. Головацкая // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2011. – № 2 (14). – С. 56–64.
20. Кильмакаев Т. А. Методы предпосевной обработки семян / Т. А. Кильмакаев // Успехи современной биологии. – 1991. – Т. 111, Вып. 1. – С. 134–137.
21. Нанокomпозиты селена с полисахаридными матрицами стимулируют рост картофеля *in vitro*, инфицированного возбудителем кольцевой гнили / А. И. Перфильева, О. А. Ножкина, И. А. Граскова [и др.] // ДАН. – 2019. – Т. 487, № 3. – 425–530.
22. Пат. РФ 159620 МПК6 А 61 К 33/38, А 61 К 31/00. Способ получения водорастворимой композиции наночастиц, содержащей наночастицы селена / Юркова И. Н., Панова Э. П., Панов Д. А., Омельченко А. В.: патентообладатель Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского; – № 2015146880; заявл. 26.04.13; опубл. 10.02.16. Бюл. № 4.
23. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – Введ. 01.07.86. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 64 с.
24. Гончарова Э. А. Водный статус культурных растений и его диагностика. / Гончарова Э. А. – СПб.: ВИР, 2005. – 112 с.
25. Pardossi A. Involvement of abscisic acid in regulating water status in *Phaseolus vulgaris* during chilling / A. Pardossi, P. Vernieri, F. Tognoni // Plant Physiology. – 1992. – V. 100. – P. 1243–1250.
26. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
27. Flowers T. J. Improving crop salt tolerance / T. J. Flowers // J. Exp. Bot. – 2004. – Vol. 55. – P. 307–319.
28. Ладатко Н. А. Накопление и транспорт K^+ и Na^+ в растениях сортов риса в условиях почвенного засоления / Н. А. Ладатко, О. С. Досеева // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2010. – № 3–4 (6–7). – С. 26–28.
29. Ткачева М. С. Динамика содержания ионов K^+ , Na^+ , Ca^{2+} в растениях риса (*Oryza sativa* L.) в онтогенезе в условиях почвенного засоления / М. С. Ткачева, Н. А. Ладатко, О. С. Досеева, Г. Л. Зеленский // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 100(06). – С. 908–918.
30. Regulation of vacuolar Na^+/H^+ exchange in *Arabidopsis thaliana* by the salt-overly-sensitive (SOS) pathway / Q. Qiu, Y. Guo, F. J. Quintero [et al.] // Journal of Biological Chemistry. – 2004. – Vol. 279. – P. 207–215.
31. Юркова И. Н. Влияние наноселена на активность компонентов антиоксидантной системы пшеницы в условиях комбинированного действия засухи и засоления / И. Н. Юркова, А. В. Омельченко, Д. А. Панов // Ученые записки Крымского федерального ун-та им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 3. – С. 216–225.
32. Clarkson D. T. The mineral nutrition of higher plants / D. T. Clarkson, J. B. Hanson // Annu. Rev. Plant Physiol. – 1980. – Vol. 31. – P. 267.
33. Ерёмченко О. З. Техногенные поверхностные образования зоны солеотвалов и адаптация к ним растений: монография / О. З. Ерёмченко, О. А. Четина, М. Г. Кусакина, И. Е. Шестаков – Перм. гос. нац. исслед. ун-т.: Пермь, 2013. – 148 с.
34. Tester M. Na^+ Tolerance and Na^+ Transport in Higher Plants / M. Tester, R. Davenport // Annals of Botany. – 2003. – Vol. 91. – P. 503–527.
35. Abdul Kader Md. Uptake of sodium in protoplasts of salt-sensitive and salt-tolerant cultivars of rice, *Oryza sativa* L. determined by the fluorescent dye SBFI. / Kader Md. Abdul, S. Lindberg // Journal of Experimental Botany. – 2005. – Vol. 56, No. 422. – P. 3149–3158.

INFLUENCE OF A NANOSEILE ON THE CONTENTS OF K⁺, Na⁺ AND Cl⁻ IONS IN WHEAT SEEDS IN THE CONDITIONS OF THE COMBINED ACTION OF SALTING AND DRAIN

Yurkova I. N.¹, Omelchenko A. V.¹, Zubochenko A. A.², Panov D. A.¹, Danilova I. L.²

¹V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia

²Federal State Budgetary Institution Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Crimea, Russia

E-mail: nanosilver@rambler.ru

Soil salinization is one of the most important problems for agriculture. In most cases, the effect of salinization is manifested in conjunction with water deficiency, reinforcing each other. One of the most dangerous types of salinization is sodium chloride, in which both sodium and chlorine ions have a damaging effect on plants. The physiological processes taking place under stressful conditions with the participation of enzymes and antioxidants are closely related to each other. The content of some enzymes is significantly affected by selenium. The least toxic and bioavailable is selenium in the form of nanoparticles stabilized by natural biologically active substances.

The aim of the work was to study the effect of the tread action of the original water-soluble composition of nanosalen stabilized with sodium alginate on the content of K⁺, Na⁺ and Cl⁻ ions in wheat seedlings under the combined effects of salinization and drought.

The objects of study were winter wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) and a water-soluble composition of selenium nanoparticles. Wheat seeds were soaked for 4 hours in a solution of selenium nanocomposition at a concentration of 10.0; 20.0 and 30.0 mg/l. The control was seeds soaked in distilled water. Plants were grown for 10 days under controlled conditions in a climatic chamber in vessels with a capacity of 1.0 L., a 16-hour photoperiod, a temperature of 25/20 °C (day / night) and a relative humidity of 60±5 %. Well washed river sand was used as a substrate. On day 10, the mass of raw and dry matter and the content of K⁺, Na⁺ and Cl⁻ ions in the leaves and roots, as well as on the water content of the leaf tissues and the relative water content (RWC) were determined.

For the first time, a study was made of the protective effect of selenium nanocomposite on the content of K⁺, Na⁺ and Cl⁻ in leaves and roots, as well as their relationship with the water status of leaves in wheat seedlings under the combined effect of chloride salinity and drought. The action of nanoselen increases the absorption of K⁺ ions by both roots and leaves. In this case, the absorption of Na⁺ ions are significantly reduced. The protective effect of nanoselen is also manifested in maintaining a high-water status.

Keywords: nanoselen, wheat, stress, drought, salinization, ion content, water status.

References

1. Sheveluha B. C., Problemy, priority i masshtaby sel'skohozyajstvennoj biotekhnologii v XXI veke, *Vestnik RASHN*, **4**, 13 (2000).
2. Ivanov A. A., Sovmestnoe dejstvie vodnogo i solevogo stressov na fotosintetichesuju aktivnost' list'ev pshenicy raznogo vozrasta, *Fiziologija i biohimija kul't. rastenij*, **45**, (2), 163 (2013).

3. Wang W. B., Kim Y. H., Lee H. S. et al., Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stresses, *Plant Physiol Biochem.*, **4** (2009).
4. Miller G. G., Shulaev V., Mittler R., Reactive oxygen signaling and abiotic stress, *Physiol Plant.*, **133** (2008).
5. Choudhury S., Panda P., Sahoo L. et al., Reactive oxygen species signalling in plants under abiotic stress, *Plant Signal Behav.*, **8** (2013).
6. Mittler R., Vanderauwera S., Gollery M. et al., Reactive oxygen gene network of plants, *Plant Sci.*, **9** (2004).
7. Verslues P. E., Agarwal M., Katiyar-Agarwal S., Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status, *Plant J.*, **45**, 4 (2006).
8. Efimova M. V., Savchuk A. L., Hasan Dzh. A. K., Fiziologicheskie mehanizmy povysheniya soleustojchivosti rastenij rapsa brassinosteroidami, *Fiziologija rastenij*, **61**, 6 (2014).
9. Nikonov I. N., Folmanis Ju. G., Kovalenko L. V., Biologicheskaja aktivnost' nanorazmernogo kolloidnogo selena, *Doklady akademii nauk*, **447**, 6 (2012).
10. Vihreva V. A., Vlijanie selena na rost, razvitie i adaptivnyj potencial kozl'jatnika vostochnogo (*Galera orientalis*): avtoref. dis. na soiskan. uchen.step. kand. biol. nauk (M., 2001).
11. Pennanen A., Xue T. L., Hartikainen H., Protective role of selenium in plants subjected to severe UV irradiation stress, *J. Appl. Bot.* **76** (2002).
12. Kuznecov V. Vl., Zashhitnoe dejstvie selena pri adaptacii rastenij pshenicy k uslovijam zasuhi: avtoref. dis. na soiskan. uchen. step. kand. biol. nauk (M., 2004).
13. Golovackaja I. F., Kulagina Ju. M., Krahaleva A. V., Karnachuk R. A., Vlijanie selena na morfogenez i bihimicheskie parametry rastenij *Triticum aestivum* L. v zavisimosti ot selektivnogo sveta, *Agrohimiya*, **5** (2013).
14. Djanaguiraman M., Devi D. D., Shanker A. K. et al., Selenium an antioxidative protectant in soybean during senescence *Plant Soil.*, **272** (2005).
15. Kong L., Wang D. Bi, Selenium modulates the activities of antioxidant enzymes, osmotic homeostasis and promotes the growth of sorrel seedlings under salt stress, *Plant Growth Regul.*, **45** (2005).
16. Graham R. B., Nolasco M., Peterlin B. et al., Nonsense mutations in folliculin presenting as isolated familial spontaneous pneumothorax in adults, *Am J. Respir Crit Care Med.*, **172**, 1 (2005).
17. Yurkova I. N., Omel'chenko A. V., Vlijanie nanochasticy selena i selenita natrija na rost i razvitie rastenij pshenicy, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Serija: «Biologija, himija»*, **1** (67), 3 (2015).
18. Kuznetsov Vl. V., Shevyakova N. I., Polyamines and plant adaptation to saline environments, *Desert Plants / Ed. Ramawat K.A. p. 261–298* (Heidelberg; Dordrecht; London; New York: Springer Verlag, 2010).
19. Kulagina Yu. M., Golovackaya I. F., Vlijanie selenita natrija na rost i razvitie rastenij pshenicy v zavisimosti ot sposoba obrabotki, *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, **2**, 14 (2011).
20. Kil'makaev T. A., Metody predposevnoj obrabotki semyan, *Uspekhi sovremennoj biologii*, **111**, 1 (1991).
21. Perfil'eva A. I., Nozhkina O. A., Graskova I. A. i dr., Nanokompozity selena s polisaharidnymi matricami stimuliruyut rost kartofelya *in vitro*, inficirovannogo vzbuditelem kol'cevoj gnili, *DAN.*, **487**, 3 (2019).
22. Pat. RF 159620 MPK6 A 61 K 33/38, A 61 K 31/00. Sposob polucheniya vodorastvorimoy kompozicii nanochasticy, sodержashhej nanochasticy selena / I. N. Jurkova, Je. P. Panova, D. A. Panov, A. V. Omel'chenko: patentoobladatel' Krymskij federal'nyj universitet im. V. I. Vernadskogo; – № 2015146880; zajavl. 26.04.13; opubl. 10.02.16. Bjul. № 4.
23. GOST 12038-84. *Semena sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Metody opredelenija vshozhesti.* – Vved. 01.07.86., 64 p. (M.: Standartinform, 2011).
24. Goncharova Je. A., *Vodnyj status kul'turnyh rastenij i ego diagnostika*, 112 p. (SPb.: VIR, 2005).
25. Pardossi A., Vernieri P., Tognoni F., Involvement of abscisic acid in regulating water status in *Phaseolus vulgaris* during chilling, *Plant Physiology*, **100** (1992).
26. Lakin G. F., *Biometrija*, 352 p. (M.: Vyssh. shk., 1990)
27. Flowers T. J., Improving crop salt tolerance, *J. Exp. Bot.*, **55** (2004).
28. Ladatko N. A., Doseeva O. S., Nakoplenie i transport K⁺ i Na⁺ v rasteniyah sortov risa v usloviyah pochvennogo zasoleniya, *Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka*, **3-4**, (2010).

29. Tkacheva M. S., Ladatko N. A., Doseeva O. S., Zelenskij G. L., Dinamika sodержaniya ionov K^+ , Na^+ , Ca^{2+} v rasteniyah risa (*Oryza sativa* L.) v ontogeneze v usloviyah pochvennogo zasoleniya, *Nauchnyj zhurnal KubGAU.*, **100**, 06 (2014).
30. Qiu Q., Guo Y., Quintero F. J. et al., Regulation of vacuolar Na^+/H^+ exchange in *Arabidopsis thaliana* by the salt-overly-sensitive (SOS) pathway, *Journal of Biological Chemistry.*, **279** (2004).
31. Yurkova I. N., Omel'chenko A. V., Panov D. A., Vliyanie nanoselena na aktivnost' komponentov antioksidantnoj sistemy pshenicy v usloviyah kombinirovannogo dejstviya zasuhi i zasoleniya, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo un-ta im. V. I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya*, **5** (71), 3 (2019).
32. Clarkson D. T., Hanson J. B., The mineral nutrition of higher plants, *Annu. Rev. Plant Physiol.*, **31** (1980).
33. Eryomchenko O. Z., Chetina O. A., Kusakina M. G., Shestakov I. E., *Tekhnogennye poverhnostnye obrazovaniya zony soleotvalov i adaptaciya k nim rastenij: monografiya*, 148 p. (Perm': Perm. gos. nac. issled. un-t., 2013).
34. Tester M., Davenport R., Na^+ Tolerance and Na^+ Transport in Higher Plants, *Annals of Botany*, **91** (2003).
35. Abdul Kader Md., Lindberg S., Uptake of sodium in protoplasts of salt-sensitive and salt-tolerant cultivars of rice, *Oryza sativa* L. determined by the fluorescent dye SBFI, *Journal of Experimental Botany*. **56**, 422 (2005).

УДК 619:616.993.1:616-076:616.15:591.111

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ КЛЕЩЕВОЙ ИНФЕКЦИИ У СОБАКИ

Яковишин Л. А.¹, Адрузов И. В.²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия

²Ветеринарный комплекс «БИОН», Севастополь, Россия

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Рассмотрены физиологические и биохимические особенности при наличии смешанной клещевой инфекции (риккетсиоз-пироплазмоз) у собаки породы немецкая овчарка. Схема комплексной терапии включала назначение антибиотика доксицилина (препарат Юнидокс), гепатопротектора Гепатовета, диуретика Канефрона Н, антипиретика кетопрофена (Айнил) и иммуностимулятора Циклоферона.

Ключевые слова: риккетсиоз, бабезиоз (пироплазмоз), немецкая овчарка, лабораторная диагностика, кровь, лечение.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время на юге России отмечается значительный рост клещевых инфекций у собак [1, 2]. Аналогичная закономерность выявлена и для других регионов, включая и более северные [3–5]. При этом заболевания распространены как в городах, так и за их пределами [4, 6]. Встречаются также смешанные инфекции [5–8]. Среди трансмиссивных клещевых болезней особое место занимают риккетсиоз [2] и бабезиоз (пироплазмоз) [6, 9, 10]. Оба заболевания характеризуются полиморфизмом и схожестью клинических проявлений.

Риккетсиозы – заболевания животных и человека, вызываемые внутриклеточными паразитами риккетсиями. При этом разные риккетсии поражают различные типы лейкоцитов. Проявляются у животных лихорадками, пневмониями, рвотой, поносом, ринитами, абортами, поражением лимфатической системы и форменных элементов крови [2].

Бабезиозы вызваны паразитами родов *Babesia* и *Theileria* [9, 10]. В Европе широкое распространение получила пироплазма *Babesia canis* [9, 10]. При заболевании бабезиозом особенно сильные изменения наблюдаются у кровеносной системы, т.к. поражаются эритроциты. К клиническим признакам бабезиоза относят отсутствие аппетита, депрессию, угнетенное состояние, слабый нитевидный пульс, учащенное и затрудненное дыхание, анемию и желтушность конъюнктивы и слизистых оболочек ротовой полости, гемоглобинурию, затрудненную походку, рвоту, понос, выделения из носа [6, 9].

Для лечения риккетсиозов у собак применяют тетрациклиновые антибиотики (тетрацилин, окситетрацилин, доксицилин) [2, 11–13], фторхинолоновые антибиотики (энрофлоксацин) [11], макролидные антибиотики (тулатромицин) [2] и

хлорамфеникол [11, 12] (табл. 1). При бабезиозах широко используют производное 2-имидазолина имидакарб в виде дипропионата, а также ацетурат и диацетурат диминазина (диминазена, диазоамино-дибензамидина) [5, 9, 14, 15]. Препараты на основе диминазина могут дополнительно содержать пиразолоновый анальгетик-антипиретик Антипирин (Феназон) или Амидопирин (Аминофеназон, Пиранол). Для уничтожения некоторых видов бабезий оказались эффективными комбинации азалидного антибиотика азитромицина с производными 1,4-нафтохинона атовакуоном и бупарваквоном [9].

Таблица 1
Лекарственные препараты для лечения клещевых инфекций

№ п/п	Действующее вещество	Препараты на его основе
1	Доксициклин	Доксимаг, Юнидокс
2	Окситетрациклин	Террамицин LA
3	Тетрациклин	Тетрациклин
4	Тулатромицин	Драксин, Тулавитрил
5	Энрофлоксацин	Энрофлоксацин
6	Хлорамфеникол	Левомецетин
7	Имидакарб	Пиро-Стоп, Фортикарб, Бабезан, Имизол, Имохем-120
8	Диминазин (диминазен, диазоамино-дибензамидин)	Беренил, Верибен, Азидин, Батризин, Неозидин, Неозидин М, Fa.Tru.Vanil, Ганасег

Данная статья посвящена рассмотрению физиологических и биохимических характеристик и схемы комплексной терапии при наличии клещевой инфекции у собаки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наблюдалась собака породы немецкая овчарка, кобель, возраст 11 лет, масса тела 35 кг. Животное вакцинировано против инфекционных заболеваний.

Общий клинический и биохимический анализы крови проведены на ветеринарном автоматическом гематологическом анализаторе URIT-3020 (URIT Medical Electronic Co., Ltd., Китай), полуавтоматическом биохимическом анализаторе Minitecno (I.S.E. S.r.l., Италия) и ветеринарном полуавтоматическом биохимическом анализаторе URIT-800 Vet (URIT Medical Electronic Co., Ltd., Китай). Результаты приведены в табл. 2 и 3. Забор крови осуществлялся из передней подкожной вены предплечья. Температуру тела измеряли ректально термометром.

Для терапии использовали следующие лекарственные средства: Юнидокс солютаб таблетки диспергируемые 100 мг (производитель ЗАО «ЗиО-Здоровье», Россия), Канефрон® Н таблетки, покрытые оболочкой (производитель Бионорика SE, Германия), Циклоферон раствор для внутривенного и внутримышечного введения (производитель ООО «НТФФ «ПОЛИСАН», Россия), Гепатовет для собак

суспензия 100 мл (производитель ООО НПО «Апи-Сан», Россия), Айнил 10 % инъекционный раствор (Ливисто, производитель Инвеса, Испания).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Диагноз риккетсиоз-пироплазмоз ставили на основании эпизоотической ситуации, сезона года (конец августа), клинических признаков, результатов клинического и биохимического исследования крови и микроскопического исследования мазков крови. На приеме наблюдалось учащенное дыхание, температура 39,6 °С, цвет мочи обычный, наличие выделений из носа, анорексия, жажда, желтушность слизистых отсутствовала. При анализе мазков крови, окрашенных по Романовскому-Гимзе, обнаруживали включения простейших в отдельных эритроцитах.

Таблица 2

Результаты клинического анализа крови

Показатель	Результат при первичном обращении	Результат через 2 недели после первичного обращения	Результат через 3 недели после первичного обращения	Результат через 2 месяца после первичного обращения	Референсные значения
Гемоглобин, г/л	167	127	188	160	120–180
Лейкоциты, ·10 ⁹ /л	4,2	9,4	13,3	9,6	6,0–16,0
СОЭ, мм/ч	5	10	3	Не была определена	0–10
Тромбоциты, ·10 ⁹ /л	65	Не были определены	117	205	190–550
Эозинофилы, %	1	2	1	10	0–5
Палочкоядерные нейтрофилы	6	4	6	6	0–6
Сегментоядерные нейтрофилы, %	70	66	73	66	60–70
Лимфоциты, %	15	25	14	14	12–30
Моноциты, %	8	3	6	4	1–7
Включения в эритроцитах	В редких эритроцитах	–	–	–	–

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ), уровень гемоглобина, лимфоцитов, глюкозы, α-амилазы, общего билирубина и белка были в пределах нормы, а аланинаминотрансферазы (АЛТ) превышал верхний предел нормы примерно в 2 раза, аспартатаминотрансферазы (АСТ) – почти в 3 раза, мочевины – на 2 единицы (табл. 2 и 3). Содержание креатинина, нейтрофилов и моноцитов было на уровне верхнего предела, а лейкоцитов и тромбоцитов – меньше нижнего предела нормы, соответственно, в 1,4 и 2,9 раза. Таким образом, наблюдаются такие

гематологические признаки как лейкопения, тромбоцитопения и повышение активности ферментов печени.

Данные клинического и биохимического анализов крови подтверждают наличие риккетсиоза с гепатопривным синдромом. В таком случае явно выражено гепатотоксическое действие внутриклеточных паразитов. Его отличительной особенностью являются наиболее сильные изменения уровня АЛТ и щелочной фосфатазы и незначительное повышение мочевины [2]. При гемолитическом синдроме наблюдается значительное снижение гемоглобина и количества эритроцитов, общего белка и альбумина и незначительное повышение уровня мочевины, АЛТ и щелочной фосфатазы. Из-за наибольших поражений почек при уремическом синдроме отмечается наиболее сильный рост содержания мочевины [2].

Таблица 3

Результаты биохимического анализа крови

Показатель	Результат при первичном обращении	Результат через 2 недели после первичного обращения	Результат через 2 месяца после первичного обращения	Референсные значения
АЛТ, Ед./л	127	177,5	42,2	9–58
АСТ, Ед./л	114,5	142,4	27,6	8–42
Билирубин общий, мкмоль/л	8,7	8,4	10,5	3,0–13,5
Общий белок, г/л	64	62	80,8	54–75
Мочевина, ммоль/л	11	10,3	7,3	До 9
Креатинин, мкмоль/л	123	139,4	120,5	44–128
Глюкоза, ммоль/л	3,9	3,8	4,2	До 6
α-Амилаза, Ед./л	1596	1345	777,8	До 1700

Кроме того, тромбоцитопения и повышение содержания печеночных ферментов также наблюдается и при пироплазмозе [5, 9]. Тяжелая форма бабезиоза характеризуется лейкоцитозом [5]. Однако при смешанном заболевании собак бабезиозом и риккетсиозом часто отмечается лейкопения [16].

Спустя 2 недели после начала терапии включения простейших в эритроцитах уже не наблюдались, восстановился уровень лейкоцитов, но уровень АЛТ превышал верхний предел нормы примерно в 3,1 раза, АСТ – в 3,4 раза, креатинина – в 1,1 раза, мочевины – на 1,3 единицы (табл. 2 и 3). Содержание гемоглобина уменьшилось и стало на уровне нижнего предела нормы. Через 3 недели уровень гемоглобина существенно возрос (до 188 г/л), что соответствует верхнему пределу референсных значений, однако содержание тромбоцитов хотя и выросло в 1,8 раза (до 117), но оставалось еще ниже нормы. Остальные показатели клинического анализа крови были в норме.

В России и за рубежом для лечения риккетсиозов традиционно используют доксициклин, относящийся к полусинтетическим тетрациклиновым антибиотикам

широкого спектра действия [2, 12, 13]. Применяют его и при смешанных инвазиях [8]. Доксициклин уменьшает тяжесть клинических проявлений при заражении собак *Babesia canis* и *Babesia gibsoni* [9]. Ранее установлено, что он обладает удовлетворительной профилактической эффективностью против *Babesia canis* у собак [17].

Для терапии в нашем случае использовали таблетки Юнидокс солютаб 100 мг, являющиеся диспергируемой лекарственной формой доксициклина (табл. 1). Препарат назначали перорально 2 раза в день по 2 таблетки в течение 10 дней, далее – 3 табл. в день в течение 5 дней.

Как жаропонижающее назначали Айнил (активное вещество – производное пропионовой кислоты кетопрофен, относящееся к нестероидным анальгетикам-антипиретикам). Препарат вводили внутримышечно в дозировке 0,6 мл 1 раз в день в течение двух дней.

На третьи сутки наблюдался однократный понос темно-коричневого цвета. На пятый день после начала антибиотикотерапии температура была в пределах нормы. Через 7 дней после начала приема антибиотика у собаки появился хороший аппетит. Во время лечения цвет мочи не менялся, желтушности слизистых не было.

Гепатопротектор Гепатовет (содержит лецитин, метионин, орнитин, экстракты расторопши и бессмертника) улучшает состояние печени и нормализует уровень аммиака в организме [18]. Препарат используют в комплексной терапии при лечении пироплазмоза [19]. Гепатовет вводили перорально с помощью шприца-дозатора по 4 мл 2 раза в день. Курс лечения включал 2 упаковки по 100 мл суспензии.

В качестве диуретика применяли Канефрон Н (препарат растительного происхождения на основе травы золототысячника, корней любистока лекарственного и листьев розмарина обыкновенного). Препарат назначают в составе терапии при пироплазмозе [19]. Канефрон давали 2 раза в день по 1 таблетке в течение 30 дней.

В ветеринарии широко используются различные иммуномодуляторы [20, 21]. Показанием для их терапевтического использования является иммунологическая недостаточность, возникающая, в частности, при острых и хронических инфекциях и антибиотикотерапии. Доказана эффективность использования иммуностимуляторов при лечении бабезиоза (пироплазмоза), эрлихиоза и других паразитарных заболеваний [8, 20, 21].

Для иммунокоррекции был использован Циклоферон. Циклоферон – низкомолекулярный индуктор интерферона [22]. Действующим веществом препарата является меглюмина акридонатацетат. При риккетсиозах и бабезиозах возможно воспаление суставов и суставные боли, затрудненная походка [6, 13, 17, 23, 24]. Циклоферон, как известно, проявляет высокую эффективность при заболеваниях соединительной ткани и оказывает противовоспалительное и обезболивающее действие [22]. Поэтому он также показан при дегенеративно-дистрофических заболеваниях суставов [22]. Циклоферон применяли внутримышечно один раз в день по 2 мл (125 мг/мл активного вещества) по схеме:

1, 2 сутки лечения и далее через день. Курс лечения включал 10 инъекций. После применения Циклоферона отмечали улучшение походки собаки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложенная комплексная терапия включала назначение антибиотика доксицилина (препарат Юнидокс), гепатопротектора Гепатовета, диуретика Канефрона Н, антипиретика кетопрофена (препарат Айнил) и иммуностимулятора Циклоферона.
2. В результате проведенного лечения отмечали улучшение общего состояния собаки и нормализацию клинических и биохимических показателей ее крови.

Список литературы

1. Эпизоотические особенности клещевых инфекций собак и их векторы в Ростовской области / С. Н. Карташов, А. М. Ермаков, А. А. Миронова [и др.] // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2011. – № 1. – С. 65–67.
2. Раевская М. А. Диагностика и морфофункциональная характеристика риккетсиозов у собак: автореф. дис. ... канд. вет. наук: 06.02.02 / Раевская Мария Андреевна. – п. Персиановский. – 2012. – 20 с.
3. Куликова О. Л. Профилактика пироплазмоза собак препаратами серии Барс в условиях промышленного мегаполиса / О. Л. Куликова, Г. А. Саипов, С. Е. Моргутов // Материалы докладов научной конференции «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями». – М.: Типогр. Россельхозакадемии, 2009. – С. 238–240.
4. Христиановский П. И. Закономерности формирования биотопов иксодовых клещей и природных очагов пироплазмоза на городских территориях / Христиановский П. И. // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2004. – № 12. – С. 117–120.
5. Новак М. Д. Методические положения по диагностике, лечению и профилактике бабезиоза собак в центральном районе Российской Федерации / М. Д. Новак, О. Ю. Никулина, С. В. Енгашев // Рос. паразитол. журн. – 2016. – Т. 37, Вып. 3. – С. 414–420.
6. Бабезиоз собак / В. В. Белименко, В. Т. Заблоцкий, А. Р. Саруханян, П. И. Христиановский // Рос. ветеринар. журн. Мелкие домашние и дикие животные. – 2012. – № 2. – С. 42–46.
7. Молотова Н. В. Клинический случай смешанной инфекции: бабезиоз и риккетсиоз у собаки / Н. В. Молотова // Материалы XV Московского международного ветеринарного конгресса по болезням мелких домашних животных. – М.: Ассоциация практикующих ветврачей, 2007. – С. 17–18.
8. Лощинин М. Н. Клинический случай смешанной инвазии дирофиляриоза, бабезиоза и эрлихиоза у собаки / М. Н. Лощинин, В. В. Белименко, В. Т. Заблоцкий // Рос. ветеринар. журн. Мелкие домашние и дикие животные. – 2013. – № 3. – С. 27–28.
9. A review of canine babesiosis: the European perspective / L. Solano-Gallego, Á. Sainz, X. Roura [et al.] // Parasites Vectors. – 2016. – Vol. 9, 336. – P. 1–18.
10. Бабезиоз собак: новые экологические, молекулярно-генетические и клинико-лабораторные аспекты / С. И. Карташов, А. М. Ермаков, А. Г. Ключников [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2010. – № 5. – С. 22–24.
11. Efficacy of chloramphenicol, enrofloxacin, and tetracycline for treatment of experimental Rocky Mountain spotted fever in dogs / E. B. Breitschwerdt, M. G. Davidson, D. P. Aucoin [et al.] // Antimicrob. Ag. Chemother. – 1991. – Vol. 35, № 11. – P. 2375–2381.
12. Warner R. D. Rocky Mountain spotted fever / R. D. Warner, W. W. Marsh // J. Am. Vet. Med. Assoc. – 2002. – Vol. 221, № 10. – P. 1413–1417.
13. Rickettsial infection in dogs [Электронный ресурс]. URL: <https://wagwalking.com/condition/rickettsial-infection> (дата обращения: 12.11.2019).

14. Акимов Д. Ю. Сравнительная оценка эффективности препаратов на основе имидакарба и диминазина при бабезиозе / Д. Ю. Акимов, Е. М. Романова, Л. А. Шадыева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3 (35). – С. 49–54.
15. Babesiosis in dogs [Электронный ресурс]. URL: <https://wagwalking.com/condition/babesiosis> (дата обращения: 12. 11. 2019).
16. Эрлихиоз у собак [Электронный ресурс]. URL: https://vetlab.ru/encyclopedia/erlikhioz_sobak/ (дата обращения: 21. 11. 2019).
17. Vercammen F. Prophylactic treatment of experimental canine babesiosis (*Babesia canis*) with doxycycline / F. Vercammen, R. De Deken, L. Maes // Vet. Parasitol. – 1996. – Vol. 66, № 3–4. – P. 251–255.
18. ГЕПАТОВЕТ инструкция по применению [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vidal.ru/veterinar/hepatovet-27959> (дата обращения: 25. 11. 2019).
19. Санникова Н. А. К вопросу диагностики и лечения пироплазмоза собак в условиях Удмуртской Республики / Н. А. Санникова, М. Эндерс // Материалы Международной научно-практической конференции «Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства». – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – Т. 2. – С. 58–64.
20. Особенности применения иммуно-модуляторов при паразитарных инвазиях / А. В. Санин, О. Ю. Сосновская, В. Ю. Санина [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2010. – № 2. – С. 15–18.
21. Леонард Р. А. Влияние гамавита, фоспренила и максидина на ряд биохимических показателей крови собак, больных пироплазмозом / Р. А. Леонард // Ветеринар. клиника. – 2006. – № 3. – С. 2–5.
22. ЦИКЛОФЕРОН раствор для внутривенного и внутримышечного введения [Электронный ресурс]. URL: https://www.polysan.ru/produktsiya/tsikloferon/instruktsiya_amp.htm (дата обращения: 25. 11. 2019).
23. Логинова Н. В. Эрлихиоз (рикетсиоз собак) / Н. В. Логинова. – Государственное бюджетное учреждение Московская станция по борьбе с болезнями животных (ГБУ «Мосветстанция») [Электронный ресурс]. URL: http://mosk-vet.ru/dis_ca/par/art.php?ID=764 (дата обращения: 26. 11. 2019).
24. Петрова Г. С. Пироплазмоз [Электронный ресурс]. URL: <https://vetradenis.ru/poleznoe/simptomu-i-lechenie-piroplazmoza-babezioza-u-sobak> (дата обращения: 26. 11. 2019).

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND EFFICIENCY OF COMPLEX THERAPY FOR TICK-BORNE INFECTIONS IN DOG

Yakovishin L. A.¹, Adruzov I. V.²

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

²*Veterinary complex “BION”, Sevastopol, Russia*

E-mail: chemseventu@rambler.ru

Recently, in the south of Russia there has been a significant increase in tick-borne infections in dogs. A similar pattern was revealed for other regions, including the more northern ones. Moreover, diseases are common both in cities and beyond. Mixed infections also occur. Among transmissible tick-borne diseases, rickettsiosis and babesiosis (pyroplasmosis) occupy a special place.

Rickettsioses are animal and human diseases caused by intracellular parasites rickettsia. In this case, different rickettsia affect various types of white blood cells.

Babesioses are caused by parasites of the genera *Babesia* and *Theileria*. In Europe, pyroplasm of *Babesia canis* was widespread.

The diagnosis of rickettsiosis-pyroplasmosis in German shepherd was made on the basis of clinical signs, the results of clinical and biochemical blood tests and the detection of protozoan inclusions in erythrocytes. At the reception, rapid breathing was observed, the temperature was 39.6 °C, the color of the urine was normal, the presence of nasal discharge, anorexia, thirst, and yellowness of the mucous membranes were absent.

The erythrocyte sedimentation rate, the level of hemoglobin, lymphocytes, glucose, α -amylase, total bilirubin and protein were within normal limits, and ALT exceeded the upper limit by about 2 times, AST – almost 3 times, urea – by 2 units. The content of creatinine, neutrophils and monocytes was at the level of the upper limit, and leukocytes and platelets were lower than the lower limit of the norm, respectively, by 1.4 and 2.9 times.

2 weeks after the start of therapy, the inclusion of protozoa in erythrocytes was no longer observed, the level of leukocytes was restored, but the ALT level exceeded the upper limit of the norm by about 3.1 times, AST – by 3.4 times, creatinine – by 1.1 times, urea – by 1.3 units. The hemoglobin content decreased and became at the level of the lower limit of the norm. After 3 weeks, the hemoglobin level increased significantly (up to 188 g/l), which corresponds to the upper limit of the reference values, however, the platelet content, although it increased by 1.8 times (up to 117), but remained even below the norm. Other indicators of the clinical blood test were normal. 2 months after the start of therapy, the indicators of clinical and biochemical blood tests were normal.

The complex therapy regimen included the administration of the antibiotic doxycycline (Unidox solutab; 15 days), hepatoprotector Hepatovet for dogs (the course of treatment included 200 ml of suspension), diuretic Canephron N (30 days), antipyretic ketoprofen (Ainil 10 %; 2 days) and immunostimulant Cycloferon (the course of treatment included 10 injections according to the scheme: 1, 2 days of treatment and then every other day).

Keywords: rickettsiosis, babesiosis (pyroplasmosis), German shepherd, laboratory diagnostics, blood, treatment.

References

1. Kartashov S. N., Ermakov A. M., Mironova A. A., Minoransky V. A., Kazadaev A. A., Epizootic features of tick-borne infections of dogs and their vectors in the Rostov region, *Izvestiya Vuzov. Severo-Kavkazskii Region. Natural Science*, 1, 65 (2011). (in Russ.).
2. Raevskaya M. A., Diagnosis and morphological and functional characteristics of rickettsioses in dogs, *Abstract. of dis. ... cand. vet. sciences* (RIO Azov-Black Sea State Agroengineering Academy, Zernograd, 2012), 20 p. (in Russ.).
3. Kulikova O. L., Saipov G. A., Morgutov S. E., Prophylaxis of *Piroplasma canis* infection in dogs using agents “Bars” in conditions of industrial megapolis, *Proceedings of Conference “Theory and Practice of Struggle Against Parasitic Diseases”* (Russian Agricultural Academy, Moscow, 2009), p. 238. (in Russ.).
4. Khristianovsky P. I., Patterns of the formation of biotopes of ixodid ticks and natural foci of piroplasmosis in urban areas, *Bulletin of the Orenburg State University*, 12, 117 (2004). (in Russ.).
5. Novak M. D., Nikulina O. U., Engashev S. V., Methodical guidelines for diagnostics, treatment and prevention of canine babesiosis in the central area of the Russian Federation, *Russ. J. Parasitol.*, 37 (3), 414 (2016). (in Russ.).

6. Belimenko W. V., Zablotskiy V. T., Sarukhanyan A. R., Christianovskiy P. I., Canine babesiosis, *Russ. Vet. J. Small Domest. Wild Anim.*, 2, 42 (2012) (in Russ.).
7. Molotova N. V., Clinical example mix infection: babesiosis and rickettsiosis of dog, *Proceedings of XV Moscow International Veterinary Congress on Diseases of Small Domestic Animals* (Association of Practicing Veterinarians, Moscow, 2007), p. 17. (in Russ.).
8. Loshinin M. A., Belimenko W. V., Zablotskiy V. T., Clinical case of mixed invasion with dirofilariosis, ehrlichiosis and babesiosis in a dog, *Russ. Vet. J. Small Domest. Wild Anim.*, 3, 27 (2013) (in Russ.).
9. Solano-Gallego L., Sainz Á., Roura X., Estrada-Peña A., Miró G., A review of canine babesiosis: the European perspective, *Parasites Vectors*, 9, 336 (2016).
10. Kartashov S. I., Ermakov A. M., Klyuchnikov A. G., Mironova P. L., Mironova A. A., Yaroshenko N. V., Boyko V. P., Dog babesiosis: new environmental, molecular genetic and clinical laboratory aspects, *Veterinaria Kubani*, 5, 22 (2010). (in Russ.).
11. Breitschwerdt E. B., Davidson M. G., Aucoin D. P., Levy M. G., Szabados N. S., Hegarty B. C., Kuehne A. L., James R. L., Efficacy of chloramphenicol, enrofloxacin, and tetracycline for treatment of experimental Rocky Mountain spotted fever in dogs, *Antimicrob. Ag. Chemother.*, 35 (11), 2375 (1991).
12. Warner R. D., Marsh W. W., Rocky Mountain spotted fever, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 221 (10), 1413 (2002).
13. *Rickettsial infection in dogs*, <https://wagwalking.com/condition/rickettsial-infection> (Accessed November 12, 2019).
14. Akimov D. Y., Romanova E. M., Shadyeva L. A., Comparative effectiveness assessment of medication on the basis of imidokarb and diminazen in case of babesiosis, *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 3, 49 (2016). (in Russ.).
15. *Babesiosis in dogs*, <https://wagwalking.com/condition/babesiosis> (Accessed November 12, 2019).
16. *Ehrlichiosis in dogs*, https://vetlab.ru/encyclopedia/erlichioz_sobak/ (Accessed November 21, 2019). (in Russ.).
17. Vercammen F., De Deken R., Maes L., Prophylactic treatment of experimental canine babesiosis (*Babesia canis*) with doxycycline, *Vet. Parasitol.*, 66 (3–4), 251 (1996).
18. *HEPATO VET instructions for use*, <https://www.vidal.ru/veterinar/hepatovet-27959> (Accessed November 25, 2019). (in Russ.).
19. Sannikova N. A., Enders M., To the question of diagnosis and treatment of dog pyroplasmosis in the conditions of the Udmurt Republic, *Materials of the International scientific-practical conference "Scientifically-based technologies for intensification of agricultural production"* (Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, 2017), 2, p. 58. (in Russ.).
20. Sanin A. V., Sosnovskaya O. Yu., Sanina V. Yu., Kozhevnikova T. N., Vasiliev I. K., Narovlyansky A. N., Pronin A. V., Features of the use of immuno-modulators in parasitic infestations, *Veterinaria Kubani*, 2, 15 (2010). (in Russ.).
21. Leonard R. A., The effect of gamavit, fosprenil and maxidin on a number of biochemical blood parameters of dogs with pyroplasmosis, *Veterinarian. clinic.*, 3, 2 (2006). (in Russ.).
22. *CYCLOFERON solution for intravenous and intramuscular administration*, https://www.polysan.ru/produktsiya/tsikloferon/instruktsiya_amp.htm (Accessed November 25, 2019). (in Russ.).
23. Loginova N. V., *Ehrlichiosis (rickettsiosis of dogs)*, State budget institution Moscow station for the fight against animal diseases (GBI "Mosvetstantsiya"), http://mosk-vet.ru/dis_ca/par/art.php?ID=764 (Accessed November 26, 2019). (in Russ.).
24. Petrova G. S., *Pyroplasmosis*, <https://vetradenis.ru/poleznoe/simptomy-i-lechenie-piroplazmoza-babezioza-u-sobak> (Accessed November 26, 2019). (in Russ.).

УДК 159.9.7:339.138

ВИЗУАЛЬНЫЙ НЕЙРОМАРКЕТИНГ: МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И МЕТРИКИ

Ярош О. Б.

*Институт экономики и управления (структурное подразделение) ФГАОУ ВО Крымский
федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: iarosh.olga@gmail.com*

В работе обсуждаются методы измерения, применяемые в окулографических исследованиях. Приводится систематизация метрик, с помощью которых количественно оцениваются различные психофизиологические состояния испытуемых. Они позволяют идентифицировать какие элементы вызывают визуальный интерес за счет их размера, яркости, цвета и местоположения. Выделены три группы метрик: касающиеся окуломоторной активности; определяющие технические показатели в работе айтрекера, а также данные, отслеживающие действия испытуемых в результате нажатия клавиш на клавиатуре и щелчков мыши. Возможности каждой из указанных групп метрик, механизмы их применения и возможности для анализа обсуждаются с позиции практического инструментария по управлению вниманием потребителя в информационно-насыщенной конкурентной среде. Отдельное внимание уделяется обзору возможностей, специализированных платных и бесплатных программ, позволяющих осуществлять окулографические исследования.

Ключевые слова: нейромаркетинг, метрики, айтрекинг, окулографические исследования, методы измерения.

ВВЕДЕНИЕ

Проведение окулографических исследований связано с использованием разнообразных метрик, применяемых для понимания того, как испытуемый визуально сканирует пространство. Данные инструменты количественного исследования визуального внимания позволяют оценить бессознательные процессы. Если само по себе проведение окулографического исследования в современных условиях и с применением новых аппаратных средств не представляет проблемы для исследователей, то самая сложная часть заключается в правильной интерпретации данных, полученных с айтрекера. Понимания того, что они из себя представляют и за какие когнитивные процессы эти цифры отвечают. Как объективная мера, айтрекинг дает ответ на вопрос, какие визуальные элементы вызывают интерес за счет их размера, яркости, цвета и местоположения. Позволяют выявить уровень внимания на основе расчета элементов, на которых может быть зафиксирован первостепенный отклик. Выделение блоков, привлекающих визуальный интерес выше среднего, дает понимание того, какие элементы игнорируются и в каком порядке они были замечены.

Одними из первых фундаментальных работ, посвященных обобщению метрик и способов измерения глазодвигательного поведения, была вышедшая в 2007 г.

монография А. Дучовски [1] и в 2011 г монография К. Холмвинста [2]. В настоящее время они являются наиболее цитируемыми в данном направлении. Тем не менее, спустя несколько лет после публикации данных трудов, появились новые результаты в области конкретизации известных и доработки существующих методов и способов анализа глазодвигательного поведения. Их систематизация, а также обобщение последних достижений современной научной мысли приведены ниже.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ

Понятие «метрика» используется для определения разных показателей, по которым можно количество оценить данные. Они экспортируются в различные виды таблиц для получения совокупного массива данных и извлечения сводной статистики в таких программах как SPSS, Statistica, Excel и др. Существуют несколько типов метрик, которые могут быть получены во время айтрекинговых экспериментов.

- метрики, касающиеся окуломоторной активности (показатели фиксации и саккад);
- метрики, определяющие технические показатели (начало и конца события);
- метрики, отслеживающие действия испытуемых (нажатие клавиш на клавиатуре и щелчки мыши);

Указанные обобщенные типы переменных, могут быть отсортированы по следующим группам:

Первая группа, представляет собой стандартные, распространенные метрики, которые информативны для широкого круга маркетинговых исследований. На основе айтрекинговых данных появляется уникальная возможность наблюдать и анализировать взгляд испытуемого на визуальный объект, при этом область визуального интереса указана местоположением фиксации.

1. Фиксации взгляда. Являются наиболее распространенной метрикой визуального внимания. Они показывают куда и на что направлен взгляд. При работе айтрекера с частотой дискретизации 250 Гц, получается 250 точек фиксации в секунду. Первая фиксация обычно длиннее, чем последующие, а самая короткая фиксация – финальная. Как правило, продолжительность фиксации составляет 200–300 мс [1]. Каждая фиксация включает интервал восприятия, при чтении он составляет от 17 до 19 букв в зависимости от размера текста. Пристальный взгляд на движущийся объект приводит к траектории плавного прослеживания – это происходит до 30°/с, скорости выше этого предела демонстрируют наличие саккад. В работе Ж. Рейншоу [3] было показано, что сложность обрабатываемого изображения влияет на продолжительность фиксаций. Параметры, которые отображаются программным обеспечением айтрекера, как, правило, делятся на такие группы как [2]: общее время фиксации, мс; среднее время фиксаций, мс; продолжительность первой фиксации, мс; количество фиксаций, ед.

По мнению отдельных авторов [4] последний из указанных параметров является самым распространенным в исследованиях глазодвигательного поведения.

Соотношение количества фиксаций к общей их продолжительности показывают результаты, связанные с визуальным поиском. В условиях высокой когнитивной нагрузки число фиксаций возрастает, так по данным Ж. Гронбени [5], данный параметр иногда в литературных источниках [6] называется показателем семантической значимости стимула. Он используется при идентификации информационно значимых частей элемента. Эффективность или сложность поисковых задач имеют отрицательную корреляцию между собой. Так в исследовании [7] было доказано, что паттерны фиксаций между экспертами и новичками разные. Эксперты имеют меньше фиксаций на значимую информацию и лучше ее запоминают, это же наблюдается и в лингвистических исследованиях. Длинные и составные либо незнакомые слова имеют больше фиксаций, кроме того, читатели с дислексией тоже делают большее число фиксаций. На количество их также влияет возраст и пол испытуемого [2].

2. Саккады – движения глаз между фиксациями. Они длятся от 20 до 50 мс. Средний размер саккады при чтении составляет 7–9 букв [8]. При чтении слева направо наблюдается 15–25 % случаев возвратных саккад справа-налево [9]. Доля подобных артефактов увеличивается, если возрастает когнитивная нагрузка [10]. Поскольку саккада может быть завершена всего за 20 мс, то для того, чтобы ее оценить, требуется частота дискретизации айтрекера не менее 100 Гц. Это объясняется тем, что частота дискретизации должна по меньшей мере в два раза превышать изучаемое явление. При измерении длительности саккады потребуется минимальная частота работы айтрекера в 200 Гц [2]. Движение глаз начинается с начального быстрого ускорения, достигая максимальной скорости, после этого момента движение замедляется, пока не доходит до своей цели. При записи саккад айтрекер учитывает их начальные и конечные точки, каждая из которых имеет временную метку, на ее основе происходит вычисление их времени и продолжительности.

Пространственная идентификация саккады описывается, как правило, двумя наборами пространственных координат: начальное местоположение, соответствующее точке расположения центроида фиксации, которая предшествовала саккаде и конечное – указанное по центроиду фиксации, которая последовала за саккадой. По отрезку между этими точками проверяется скорость взгляда и идентифицируется, в какой точке она достигала своего пикового значения. Саккады имеют несколько форм и видов. Самые длинные из них являются следствием задач визуального поиска [11]. Порядковый номер её связан с пространственной организацией информации, представленной на визуальном стимуле. В работе Ж. Гробельни [5] указано на тот факт, что неинтересный стимульный материал приводит к увеличению числа саккад.

3. Тепловые карты являются широко распространенным способом визуализации окулографических данных, позволяющие идентифицировать, какие визуальные элементы привлекают больше внимания? Они отображаются в виде цветных градиентов, представляющих в порядке контрастности цвета, интенсивность фиксации зрительного поля испытуемого [2]. Тепловые карты можно сравнивать как в разрезе разных референтных групп, так и отдельных участников

экспериментов. Они показывают пространственное распределение фиксации, однако не объясняют, почему испытуемые это делают? В работе М. Рашке [12] отмечается, что они также не дают информацию о времени фиксации.

4. Зоны интереса (area of interest). АОІ представляют собой выделенные участки на визуальном стимуле для выявления отдельных показателей, интересующих исследователя. Данный показатель не является метрикой в классическом ее понимании, однако он представляет собой область, по которой они рассчитываются. При разработке стимульного материала компаниями разработчиками айтрекеров рекомендуется руководствоваться принципом 1°. Это связано с необходимостью учитывать центральное (фовеальное) поле зрения, а также точность оборудования. Для случая, когда участник находится на расстоянии 60 см от монитора 1° соответствует около 1 см или 40–50 пикселям. Индикаторы, которые могут быть привязаны к АОІ:

- оценка, сколько времени испытуемый смотрел на АОІ;
- количество зрителей, которое увидело АОІ;
- число повторных рефиксаций в АОІ;
- среднее время фиксации в АОІ.

Указанные метрики используются при оценке от одной до несколько выделенных зон интереса на визуальном стимуле, демонстрируемом во время эксперимента, поэтому они взаимосвязаны между собой. На основании количества посещений зон интереса, можно понять, куда было направлено визуальное внимание. Количество переходов глаз между зонами интереса обычно показываются в виде матрицы. В работе Ж. Голберга [11] указывается, что частые переходы между зонами интереса являются метриками неэффективного сканирования, сопровождающегося обширным поиском информации. Наиболее важным показателем, применяемым к ним, является время до первой фиксации в зоне интереса.

5. Время до первой фиксации (ТТFF) указывает на то, сколько количества времени было до первой фиксации в АОІ или на слайде. Данная метрика может указывать на то, как осуществляется поиск зоны интереса. Она показывает, какие части визуального стимула имеют больший приоритет у наблюдателя. В некоторых исследованиях [13] приводятся свидетельства того, что зрительное внимание, которое превалирует на первых этапах просмотра идет снизу вверх, данный процесс направляет фиксации в течение просмотра стимульного материала. При этом, начальная фиксация начинается с лиц [14].

6. Продолжительность первой фиксации соотносится с параметром (ТТFF) как показатель того, насколько визуальный объект привлек внимание. В случае, если у испытуемого короткое время (ТТFF) и большая продолжительность первой фиксации – это выявляет тот факт, что визуальный объект очень привлекателен для зрителя.

7. Время фиксации на стимуле. Оно демонстрирует, сколько времени было потрачено на определенную часть изображения. Связано со вниманием сверху вниз и имеет двойственную природу. Данный параметр амбивалентен, он обозначает внимание к объекту или наоборот состояние ступора, связанное со снижением сознательной активности. Выводы, касающиеся эмоциональной реакции на стимул с

помощью айтрекера, не могут быть зафиксированы. Для этого требуются дополнительные инструменты – ЭЭГ и FaceReader и т.д.

8. Метрики соотношений между параметрами. На визуальном стимуле выделяют несколько зон интереса, далее рассчитываются их показатели, затем составляются соотношения между ними.

9. Карты перемещений основаны как на пространственной, так и на временной информации, они показывают, куда и сколько раз смотрели испытуемые? Также позволяют оценить систему приоритетов в визуальной сцене. Зачастую, из-за особенностей калибровки они начинаются на середине изображения, что связано со смещением центральной фиксации. Пути перемещений в отдельных литературных источниках указываются как шаблоны просмотра [1] исследователи описывают последовательность так: саккада-фиксация-саккады [15]. Длина пути сканирования указана в пикселях и является суммой расстояний между фиксациями. Она представляет собой индивидуальную траекторию взгляда испытуемого [11]. Следует отметить особенность, при изображении путей сканирования более 6-ти человек либо при длительном рассматривании одного испытуемого, происходит загромождение карты перемещений, она становится трудно читаемой и сложно интерпретируемой.

10. Повторные фиксации, их число дает информацию о том, сколько раз испытуемый возвращался в зону интереса. Это позволяет идентифицировать, что привлекало или, наоборот, отторгало внимание и сбивало с толку.

11. Общая продолжительность фиксаций (TFT – total fixation time) [16], может быть рассчитана в разрезе разных референтных групп. Этот показатель является индикатором для оценки того, какой стимул привлек внимание? Однако он не дает ответ на вопрос, почему это произошло? Наряду с этой метрикой необходимо изучать также причины. Их можно выявить на основе сравнения параметров, полученных из зон интереса.

12. Время фиксации на единицу площади (FTA). Данная метрика рассчитывается как общая продолжительность фиксаций (TFT), разделенная на площадь (в пикселях) визуального элемента.

13. Разнообразие фиксаций (DOF) подразумевает количество уникальных элементов, фиксируемых зрителем в течение всего периода просмотра [17].

14. Межэлементные фиксации (IEF) – это количество фиксаций зрителя на различных наборах визуальных элементов с переходами от одной одного предмета к иному.

15. Измерение размера зрачка (пупиллометрия). Размер зрачка связан, прежде всего, с изменением освещенности. Если в лабораторных условиях свет регулировать, то можно получить дополнительные данные из этой метрики. Реакции зрачка будут наблюдаться в двух случаях – эмоционального возбуждения, характеризующего вовлеченность, и уровня когнитивной нагрузки. Как правило, пупиллометрия используется в качестве меры эмоционального возбуждения, однако оно тоже амбивалентно, поэтому понять, какой знак у этого возбуждения положительный или отрицательный невозможно. В отдельных исследованиях [15] указывается, что диаметр зрачка может быть показателем предпринимаемых

когнитивных усилий, хотя это может быть связано и с другим, наиболее сильным фактором – освещенностью.

16. Расстояние до монитора. Как правило, айтрекер может измерять расстояние до глаза испытуемого. Наклон корпуса вперед или назад перед устройством может свидетельствовать о поведении, однако интерпретация этих данных очень специфична.

17. Вергенция подразумевает одновременное движение обоих глаз в противоположных направлениях, чтобы получить целостное бинокулярное зрение [18]. Айтрекер измеряет положение в пространстве правого и левого глаз, независимо друг от друга. В случае отвлечения или смещения испытуемого, наблюдается дивергенция, которая фиксируется «потерей» одного из глаз вне поля зрения прибора. Она определяется на основе измерения расстояния между зрачками [8].

18. Мигания. Они представляют значительную информацию о когнитивной нагрузке. Их мониторинг позволяет оценивать уровень внимания. Низкая частота миганий говорит о высоком уровне концентрации внимания, а высокое количество миганий свидетельствует, наоборот, о низкой концентрации или о сонливости.

Вторая группа метрик представлена показателями, определяющими моменты начала и конца события. Данный тип индикаторов применяется для расчета действий, не связанных с регистрацией окуломоторной активности. Событиями являются метрики, которые определяют время записи.

1. Время начала записи обычно генерируется автоматически. С ним связана временная метка, она не имеет продолжительности, а просто отмечает момент запуска стимульного материала, демонстрирующего на мониторе.

2. Интервалы событий (ТОI). Они фиксируются как время между началом и окончанием записи, так и идентифицируют важные события, охватывающие промежуток времени. По своей сути, ТОI предназначаются для определения участков записи, представляющих интерес для исследователя.

Третья группа метрик объединяет показатели, отслеживающие действия испытуемых (нажатие клавиш на клавиатуре и щелчки мыши). Она также не связана с отслеживанием окуломоторной активности.

Клики мышью определяются как комбинация двух событий: момента, когда испытуемый нажимает на левую или правую кнопку мыши, а второе – когда отпускает ее. Данные последовательности аналогичны движениям глаз. Щелчки мыши в зоне АОI – учитываются как событие, подобного вида метка имеет пространственные координаты, регистрируемые программой, работающей с айтрекером. Если щелчок прошел вне зоны интереса, то он исключается из метрики. Щелчки мыши относят к экзогенному вниманию сверху вниз или второй системе.

Типичными метриками для кликов мыши являются [19]:

1. Время до первого клика мышью в АОI.
2. Процентное соотношение, определяемое количеством кликов в зоне интереса по соотношению к общему числу щелчков на слайде.
3. Частота кликов, зачастую рассматривается как мера внимания.
4. Процент контакта, оценивается по количеству щелчков на визуальных объектах, по которым кликнули хотя бы один раз.

В настоящее время на рынке представлены разные программы как платные, так и бесплатные, позволяющие осуществлять окулографические исследования. Обзор бесплатных программ с их преимуществами и недостатками приведен в табл. 1.

Таблица 1

Возможности бесплатного программного обеспечения для проведения окулографических исследований

Название программы, ссылка	Преимущества	Недостатки
XLabs, режим доступа: https://www.eyesdecide.com/	– простота использования; – легкость установки; – возможность работы на разных платформах.	– работает только с веб-камерой; – отсутствует возможность формирования стимульного материала; – нет вариантов анализа данных; – отсутствует поддержка
GazePointer, режим доступа: https://sourceforge.net/projects/gazepointer	– простота в установке, работает с Windows.	– работает только с веб-камерой; – нет возможности тестировать несколько человек и получать интегрированные данные; – отсутствуют возможности для анализа данных.
MyEye, режим доступа: https://myeye.jimdo.com	– простота в установке.	– бета-версия; – отсутствует поддержка и документация; – нет возможности извлечения данных для анализа.
OGAMA режим доступа: http://www.ogama.net/	– простота в установке; – дает возможность формировать стимульный материал; – предоставляет основные параметры для анализа данных; – экспортирует статистику.	– нет поддержки; – нет обновлений.

Продолжение таблицы 1

OpenEyes Режим доступа: http://thirtysixthspan.com/openEyes/software.html	– работает как с веб-камерой так и с инфракрасным айтрекером	– требуется установка Matlab; – нет поддержки; – нет возможностей для анализа данных.
Pygaze Режим доступа: http://www.pygaze.org/	– предоставляет возможности делать стимульный материал; – дает возможность осуществлять анализ данных.	– требует хороших знаний языка программирования Python; – мало поддержки.
OpenGazer Режим доступа: https://github.com/opengazer/OpenGazer	– совместим с устройствами Apple	– работает только с веб-камерами; – требуется профессиональное знание Linux; – отсутствует поддержка.
TurkerGaze Режим доступа: https://github.com/PrincetonVision/TurkerGaze	– предоставляет основные параметры анализа данных.	– требуется профессиональное знание Linux.
GazeParser Режим доступа: http://gazeparser.sourceforge.net/	– может формировать стимульный материал и осуществлять анализ данных.	– требуется камера машинного зрения и подголовник для фиксации головы; – требует хороших знаний языка программирования Python.
ITU Gaze Tracker Режим доступа: https://github.com/devinbarry/GazeTracker	– прост в установке.	– требует наличия инфракрасного трекера; – нет поддержки.

В большинстве случаев программное обеспечение для отслеживания глаз либо записывает данные, либо анализирует. Для обработки данных, как правило, используются статистические пакеты. Несмотря на автоматизированные процедуры, подобная работа требует тщательных проверок, выполненных вручную. Особой сложностью при айтрекинговых исследованиях являются вопросы, связанные с синхронизацией оборудования. Оно, с одной стороны, позволяет получить дополнительные данные, с другой – при сочетании разных устройств требуется

совместимое программное обеспечение и устройства. Кроме этого, программное обеспечение в разных системах ограничено определенными категориями стимулов, поэтому приходится использовать отдельные программы для исследования статических изображений, другие – для динамических, а в третьей – для анализа данных, полученных с гарнитур виртуальной реальности. Из-за необходимости настраивать каждую систему в отдельности, требуется значительный объем технических навыков для анализа и синхронизации разных потоков данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение заметим, что для исследовательских задач применяются разные метрики, проводится их суммирование или агрегирование данных. Как правило, для этих целей используется описательная статистика и разного вида статистические тесты: расчеты стандартного отклонения, индекс ближайшего соседства, агрегированные значения пространственной дисперсии, основанные на плотностях фиксации. Среднее время их в выделенной зоне интереса может быть представлено и визуализировано на соответствующих гистограммах. Расчет средней продолжительности фиксации, дисперсия амплитуд саккад или средняя для путей сканирования – все это показатели, которые могут быть рассчитаны для обнаружения новых метрик.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00473 А

Список литературы

1. Duchowski A. Eye tracking methodology: Theory and practice / Duchowski A. – Berlin. – Heidelberg: Springer, 2007. – P. 144–158.
2. Holmqvist K. Eye tracking. A comprehensive guide to methods and measures / K. Holmqvist, M. Nyström, R. Andersson, R. Dewhurst, H. Jarodzka, J. van de Weijer. – Oxford: OUP Oxford, 2011. – P. 56–98.
3. Renshaw J. A. Understanding visual influence in graph design through temporal and spatial eye movement characteristics / J. A. Renshaw, J. E. Finlay, D. Tyfa, R. D. Ward // Interacting with Computers. – 2004. – № 16. – P. 557–578.
4. Jacob R. J. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises / Jacob R. J. // The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research. Amsterdam. – 2003. – P. 573–605.
5. Grobelny J. Śledzenie wzroku w badaniach jakości użytkowej oprogramowania. Historia i mierniki / J. Grobelny, K. Jach, M. Kuliński, R. Michalski. – 2006. Режим доступа: https://repin.pjwstk.edu.pl/xmlui/bitstream/handle/186319/166/Kansei%202006_Grobelny.pdf?sequence=1; [Дата доступа: 20. 12. 2020].
6. Poole A. In search of salience: A response time and eye movement analysis of bookmark recognition / Poole A. // People and Computers XVIII-Design for Life: Proceedings of HCI. – 2004. – London. – P. 363–378.
7. Andrychowicz-Trojanowska A. Basic terminology of eye-tracking research / A. Andrychowicz-Trojanowska // Applied Linguistics Papers. – 2018. – № 2. – P. 123–132. DOI: 10.32612/uw.25449354.2018.2
8. Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research / Rayner K. // Psychol. Bull. – 1998. – № 124. – P. 372–422. DOI: 10.1037/0033-2909.124.3.372

9. Booth R. W. The function of regressions in reading: backward eye movements allow rereading / Booth R. W., Weger U. // *Mem Cognit.* – 2013. – № 41. – P. 82–97.
10. Inhoff A. W. Word integration and regression programming during reading: A test of the E-Z Reader 10 model / Inhoff A. W., Greenberg S. N., Solomon M., Wang C.-A // *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance.* – 2009. – № 35. – P. 1571–1584.
11. Goldberg J. H. Computer interface evaluation using eye movements: Methods and constructs / J. H. Goldberg, X. Kotval // *International Journal of Industrial Ergonomics.* – 1999. – № 24. – P. 631–645.
12. Raschke M. T. Visual Analysis of Eye Tracking Data / Raschke M. T. Blascheck, M. Burch // *Handbook of Human Centric Visualization.* New York. – 2014. – P. 391–409.
13. Parkhurst D. Modeling the role of salience in the allocation of overt visual attention / Parkhurst D., Law K., Niebur E. // *Vision research.* – 2002. – № 42(1). – P. 107–123.
14. Nyström M. Semantic override of low-level features in image viewing—both initially and overall / Nyström M., Holmqvist K. // *Journal of Eye Movement Research.* – 2008. – № 2(2). – P. 34.
15. Poole A. Eye Tracking in HCI and Usability Research / Poole A., Ball L. J. In: C.Ghaoui (ed.) // *Encyclopedia of Human Computer Interaction.* – Hershey, 2006. – P. 211–219.
16. Salvucci D. D. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols / D. D. Salvucci, J. H. Goldberg // *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications.* – ACM, 2000. – P. 71–78.
17. Bylinskii Z. Eye fixation metrics for large scale evaluation and comparison of information visualizations / Bylinskii Z., Borkin M. A., Kim N. W., Pfister H., Oliva A. // *Eye Tracking and Visualization. Foundations, Techniques, and Applications (ETVIS 2015).* – Heidelberg: Springer, 2016. – P. 235–255.
18. Cassin B. Dictionary of Eye Terminology. / Cassin B. – Gainesville, FL: Triad Publishing Company, 1990. – P. 45–98.
19. Egner S. Attention and Information Acquisition: Comparison of Mouse-Click with Eye-Movement Attention Tracking / Egner S., Reimann S., Hoeger R., Zangemeister W. H. // *Journal of Eye Movement Research.* – 2018. – № 11. – P. 64.

VISUAL NEUROMARKETING: MEASUREMENT METHODS AND METRICS

Yarosh O. B.

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

The paper discusses measurement methods used in eye tracking research. They involve the use of a variety of metrics used to understand how the subject visually scans the space. These tools of quantitative research of visual attention allow us to evaluate unconscious processes. If conducting an eye tracking study in modern conditions and using new hardware does not pose a problem for researchers, the most difficult part is the correct interpretation of the data received from the eye tracking. Understanding of what they are and for which cognitive processes these figures are responsible. As an objective measure, eye tracking answers the question of which visual elements are of interest due to their size, brightness, color and location. Allows you to identify the level of attention based on the calculation of the elements on which the primary response can be recorded. Highlighting blocks that attract visual interest above the average gives an understanding of which elements are ignored and in what order they were noticed.

The systematization of metrics is given, with the help of which various psychophysiological states of the subjects are quantified. They allow you to identify

which elements are causing visual interest due to their size, brightness, color and location. Three groups of metrics were distinguished: concerning oculomotor activity; defining technical indicators in the work of the eye tracking, as well as data that tracks the actions of subjects as a result of pressing keys on the keyboard and mouse clicks. The capabilities of each of the indicated groups of metrics, the mechanisms of their application, and the possibilities for analysis are discussed from the standpoint of practical tools for managing consumer attention in an information-saturated competitive environment. Special attention is paid to the review of opportunities, specialized paid and free programs that allow for eye tracking research.

Keywords: neuromarketing, metrics, eye tracking, measurement methods.

References

1. Duchowski A. Eye tracking methodology: *Theory and practice*, 144 (Heidelberg: 2007).
2. Holmqvist K. Eye tracking. A comprehensive guide to methods and measures, 56 (Oxford, 2011).
3. Renshaw J. A. Understanding visual influence in graph design through temporal and spatial eye movement characteristics *Interacting with Computers*, **16**. (2004).
4. Jacob R. J. Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises *The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*, 573 (Amsterdam, 2003)
5. Grobelny J. Śledzenie wzroku w badaniach jakości użytkowej oprogramowania. *Historia i mierniki* (2006).
Access: https://repin.pjwstk.edu.pl/xmlui/bitstream/handle/186319/166/Kansei%202006_Grobelny.pdf?sequence=1; [Date Access: 20.12.2020].
6. Poole A. In search of salience: A response time and eye movement analysis of bookmark recognition. *People and Computers XVIII-Design for Life: Proceedings of HCI*, 363 (London, 2004).
7. Andrychowicz-Trojanowska A. Basic terminology of eye-tracking research Trojanowska, *Applied Linguistics Papers*, **2**, 123 (2018). DOI: 10.32612/uw.25449354.2018.2
8. Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research, *Psychol. Bull.* **124**, 372 (1998). DOI: 10.1037/0033-2909.124.3.372
9. Booth R. W. The function of regressions in reading: backward eye movements allow rereading, *Mem Cognit*, **41**, 82 (2013).
10. Inhoff A. W. Word integration and regression programming during reading: A test of the E-Z Reader 10 model, *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, **35**, 1571 (2009).
11. Goldberg J. H. Computer interface evaluation using eye movements: Methods and constructs Kotval, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **24**, 631 (1999).
12. Raschke M. T. Visual Analysis of Eye Tracking Data, *Handbook of Human Centric Visualization*, 391 (New York, 2014).
13. Parkhurst D. Modeling the role of salience in the allocation of overt visual attention, *Vision research*, **42**, 1, 107 (2002).
14. Nyström M. Semantic override of low-level features in image viewing-both initially and overall *Journal of Eye Movement Research*, **2**, 2, 34 (2008).
15. Poole A. Eye Tracking in HCI and Usability Research, *Encyclopedia of Human Computer Interaction*, 211 (Hershey, 2006).
16. Salvucci D. D. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols *Proceedings of the 2000 symposium on Eye tracking research & applications*, (ACM, 2000). p.71-78.
17. Bylinskii Z. Eye fixation metrics for large scale evaluation and comparison of information visualizations, *Eye Tracking and Visualization. Foundations, Techniques, and Applications*, 235 (Springer, 2016).
18. Cassin B. *Dictionary of Eye Terminology*, 45 (Gainesville, 1990).
19. Egner S. Attention and Information Acquisition: Comparison of Mouse-Click with Eye-Movement Attention Tracking, *Journal of Eye Movement Research*, **11**, 64 (2018).

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 6 (72). 2020. № 1. С. 251–261.

УДК 544.77.022.822:661.883.1

ПОЛУЧЕНИЕ АМОРФНОГО ZrO_2 ИЗ АЗОТНОКИСЛОГО ЦИРКОНИЛА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО СТРУКТУРНО-ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ

*Веляев Ю. О.¹, Илюхина Е. М.², Кометиани И. Б.³, Покинтелица Н. И.¹,
Графова А. Е.¹*

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия

²ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Курской области», Курск, Россия

³ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», Курск, Россия

E-mail: velyaevyo@yandex.ru

В статье приведены результаты исследований по получению аморфного диоксида циркония из азотнокислого цирконила с помощью процесса его гидролиза в присутствии мочевины. Определено оптимальное соотношение реагентов, взятых для синтеза, а также установлена оптимальная температура сушки полученного хлопьеобразного осадка. Исследована морфология полученных образцов. Проведена модификация поверхности синтезированного диоксида циркония с помощью его кипячения в перекиси водорода и последующим выдерживанием в олеате натрия. Показано распределение удельного поверхностного заряда для модифицированного и немодифицированного образца диоксида циркония.

Ключевые слова: диоксид циркония, золь-гель метод, модификация поверхности, поверхностный заряд.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день диоксид циркония широко применяется в качестве катализатора [1–4] в процессах изомеризации лёгких бензиновых фракций. Актуальность этого процесса велика, поскольку он позволяет получать высокооктановые компоненты автомобильных бензинов [5–7], не содержащих ароматические углеводороды, что значительно повышает качество моторных топлив. В данном процессе в качестве катализатора используется сульфатированный диоксид циркония [8], эффективность которого значительно повышается, если его наносить на подложку из оксидов кремния или алюминия [9–11], обладающих развитой удельной поверхностью. Получают такие композиции с помощью применения золь-гель технологии.

В качестве исходного реагента для получения сульфатированного диоксида циркония может выступать азотнокислый цирконил (ТУ 6-09-1406-76), из которого возможно получить диоксид циркония. Такой ZrO_2 в присутствии аморфного

диоксида кремния, алюминия или их композиции, может быть стабилизирован в виде структуры, с тетрагональной кристаллической решёткой, которая, в свою очередь, обладает наилучшей каталитической активностью в реакциях изомеризации лёгких бензиновых фракций.

Цель данной работы заключалась в получении диоксида циркония из азотнокислого цирконила, определении оптимальных параметров этого процесса, а также изучении особенностей строения, некоторых кислотно-основных свойств и возможности последующей модификации его поверхности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для получения ZrO_2 был проведён гидролиз раствора азотнокислого цирконила в присутствии мочевины [12, 13], взятых в разных стехиометрических соотношениях. Для этого растворы азотнокислого цирконила и мочевины смешивались в разных стехиометрических соотношениях и нагревались в течение 40 минут при постоянном перемешивании на водяной бане при $70\text{ }^\circ\text{C}$. Затем реакцию массу охлаждали до комнатной температуры в течение 1 часа. При этом по достижении необходимой температуры наблюдалась легкая опалесценция раствора. Образовавшийся гель центрифугировался в течение 5 минут. Полученный осадок высушивался на алюминиевой подложке в течение 1 часа. Сушка образцов, полученных смешением растворов при разном стехиометрическом соотношении проводилась при температуре $230\text{ }^\circ\text{C}$. Данная температура была определена как наилучшая, с точки зрения полного удаления остатков мочевины. Для определения оптимальной температуры сушки образцы, полученные при смешении исходных реагентов в соотношении 2 мл $0,025\text{ моль/л } ZrO(NO_3)_2$: 2 мл H_2O : 3 мл $4\text{ моль/л } (NH_2)_2CO$, сушились при разных температурах, а именно при $120, 230, 250, 300$ и $350\text{ }^\circ\text{C}$.

Была проведена модификация поверхности диоксида циркония в растворе олеата натрия способом, известным из литературных данных [15–17]. Для этого навеску ZrO_2 массой $0,5\text{ г}$ кипятили в $200\text{ мл } H_2O_2$ (35%) в течение 4 часов при температуре $105\text{ }^\circ\text{C}$. Затем осадок отфильтровывали на фильтре Шотта и добавили его к $25\text{ мл } 0,5\%$ раствора олеата натрия. Полученную взвесь перемешивали в течении 3 часов при температуре $90\text{ }^\circ\text{C}$. После этого мелкодисперсную взвесь отфильтровали на бумажном фильтре (ГОСТ 12026-76). Полученный осадок высушили на воздухе.

Изучение распределения поверхностного заряда проводилось согласно методике Паркса [14], для чего в идентичных условиях проводилось потенциометрическое титрование одинаковой навески ($0,5\text{ г}$) каждого из образцов (немодифицированного и модифицированного диоксида циркония). Также, отдельно титровали раствор электролита, которым являлся $0,1\text{ н}$ свежеприготовленный $NaCl$. Перед началом титрования раствор подщелачивался в целях создания щелочной среды, для чего во всех случаях добавляли $5\text{ мл } 0,1\text{ н } NaOH$. Титрантом выступал $0,1\text{ н}$ раствор соляной кислоты, который при титровании добавляли строго по $0,2\text{ мл}$ раз в 2 минуты. Далее, сравнивали данные pH , полученные в результате потенциометрического титрования чистого раствора $NaCl$ указанной выше концентрации, и значения pH , полученные в результате титрования такого же раствора хлорида натрия, в который предварительно

была добавлена навеска одного из полученных образцов. На основании этих данных получали зависимость удельного поверхностного заряда от pH среды. Такие зависимости были получены для обоих образцов. Измерение активности ионов водорода проводили на ионметре И-160МИ со стеклянным электродом ЭС-10603 и электродом сравнения, погруженными в титруемый раствор.

Исследования морфологии и рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) полученных образцов проводили с помощью растрового электронного микроскопа Quanta 650 FEG, оснащённого приставкой рентгеновского микроанализа EDAX, на базе ООО «МНТЦ» (г. Курск).

Рентгенофазовый анализ (РФА) синтезированного соединения проводили на дифрактометре Rigaku «MiniFlex II». Фазовый состав образцов идентифицировали с использованием Международной базы дифракционных данных ICDD.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для определения оптимальной температуры сушки осадков, полученных после центрифугирования, проводилось исследование высушенных при 120, 230, 250, 300 и 350 °С продуктов методом РСМА. Из представленных данных (рисунок 1 а) видно, что после сушки при 120 °С мочевины удаляется не полностью, а продолжает оставаться на полученных агломератах, о чём свидетельствуют интенсивные пики азота и углерода на спектре, характерные для функциональных групп мочевины. Это означает, что температура сушки 120 °С является недостаточной для удаления мочевины с поверхности полученного образца диоксида циркония. Появление небольшого пика алюминия на обоих спектрах рисунка 1 объясняется тем, что образцы сушились на алюминиевых подложках, и на них же проводилось их изучение на электронном микроскопе. Такие подложки применялись с целью исключения появления фонового пика от углеродного скотча, которым образцы крепились к предметному столику в вакуумной камере электронного микроскопа.

На рисунке 1 б приведены результаты рентгеновского микроанализа того же образца, но прокалённого при 230 °С. По представленным данным видно полное отсутствие азота и углерода в изучаемой точке образца, что говорит о полном удалении мочевины с поверхности ZrO_2 . Таким образом, температура 230 °С является оптимальной для получения ZrO_2 из азотнокислого циркония по предложенной методике, с точки зрения полного удаления следов мочевины. Спектры образцов, высушенных при более высоких температурах, показали их идентичность с данными, характерными для 230 °С, а так как более высокотемпературная сушка является более энергозатратной, то авторы статьи в дальнейших исследованиях применяли сушку именно при температуре 230 °С.

Морфология образцов диоксида циркония, полученного при разных температурах, показана на рисунке 2. По приведённым данным можно сделать вывод о том, что размеры и форма полученных агломератов не значительно отличаются друг от друга. Это свидетельствует о том, что температура прокаливания полученного геля не влияет на эти свойства формирующихся агломератов. Кроме того, на рисунке 2 а видна неоднородность поверхности полученного образца, которая исчезает с повышением температуры. В частности, в

левом нижнем углу заметен объект, отличный от остальных по своим крупный размер и вытянутой неправильной форме. Под ним располагается такая же структура, но меньшего размера. По-видимому, это крупные агломераты мочевины.

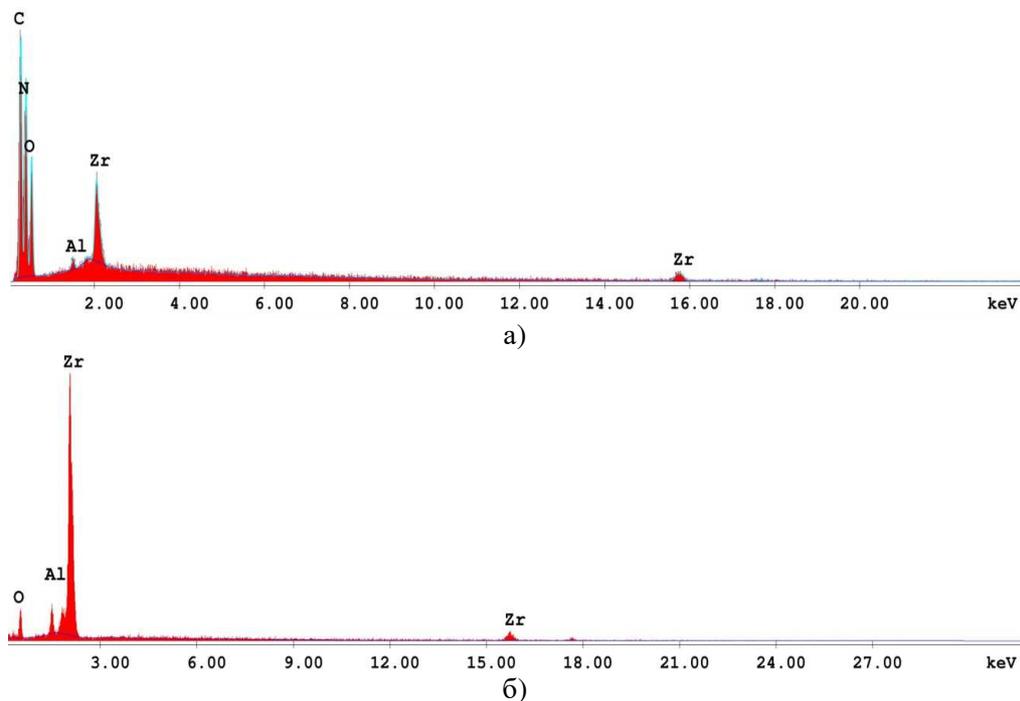


Рис. 1. Результаты РСМА диоксида циркония, полученного при температуре прокаливания, °С: а – 120; б – 230.

Для изучения влияния разного стехиометрического соотношения исходных реагентов на размер и морфологию образующихся агломератов диоксида циркония, проводили серию экспериментов по получению образцов с помощью смешивания исходных компонентов в разных количествах, а именно:

- 1) 0,2 мл 0,025 М $ZrO(NO_3)_2$: 2 мл H_2O : 2 мл 4 М $(NH_2)_2CO$;
- 2) 1,2 мл 0,025 М $ZrO(NO_3)_2$: 2 мл H_2O : 2 мл 4 М $(NH_2)_2CO$;
- 3) 2 мл 0,025 М $ZrO(NO_3)_2$: 2 мл H_2O : 2 мл 4 М $(NH_2)_2CO$;
- 4) 2 мл 0,025 М $ZrO(NO_3)_2$: 2 мл H_2O : 3 мл 4 М $(NH_2)_2CO$.

Морфология полученных образцов представлена на рисунке 3. Из приведённых данных видно, что после сушки частицы диоксида циркония во всех случаях слипаются в крупные агломераты, состоящие из более мелких частиц. С помощью измерительного средства, встроенного в программное обеспечение к микроскопу, были измерены размеры минимальных различимых частиц, находящихся как на поверхности, так и на боковых гранях крупных агломератов. Их диаметр, как показал прибор, варьировался в интервале от 50 до 200 нм. Разные соотношения реагентов, при этом, на размер и форму получающихся частиц не влияли.

В данном случае основной интерес представляло получение частиц наименьшего размера, так как каталитические свойства циркониевых катализаторов зависят от размера их частиц. Как показал эксперимент, размер частиц получаемого ZrO_2 не зависит от соотношений исходных компонентов, следовательно, оптимальным можно считать соотношение 3, так как именно при нём наблюдался максимальный выход образующегося геля.

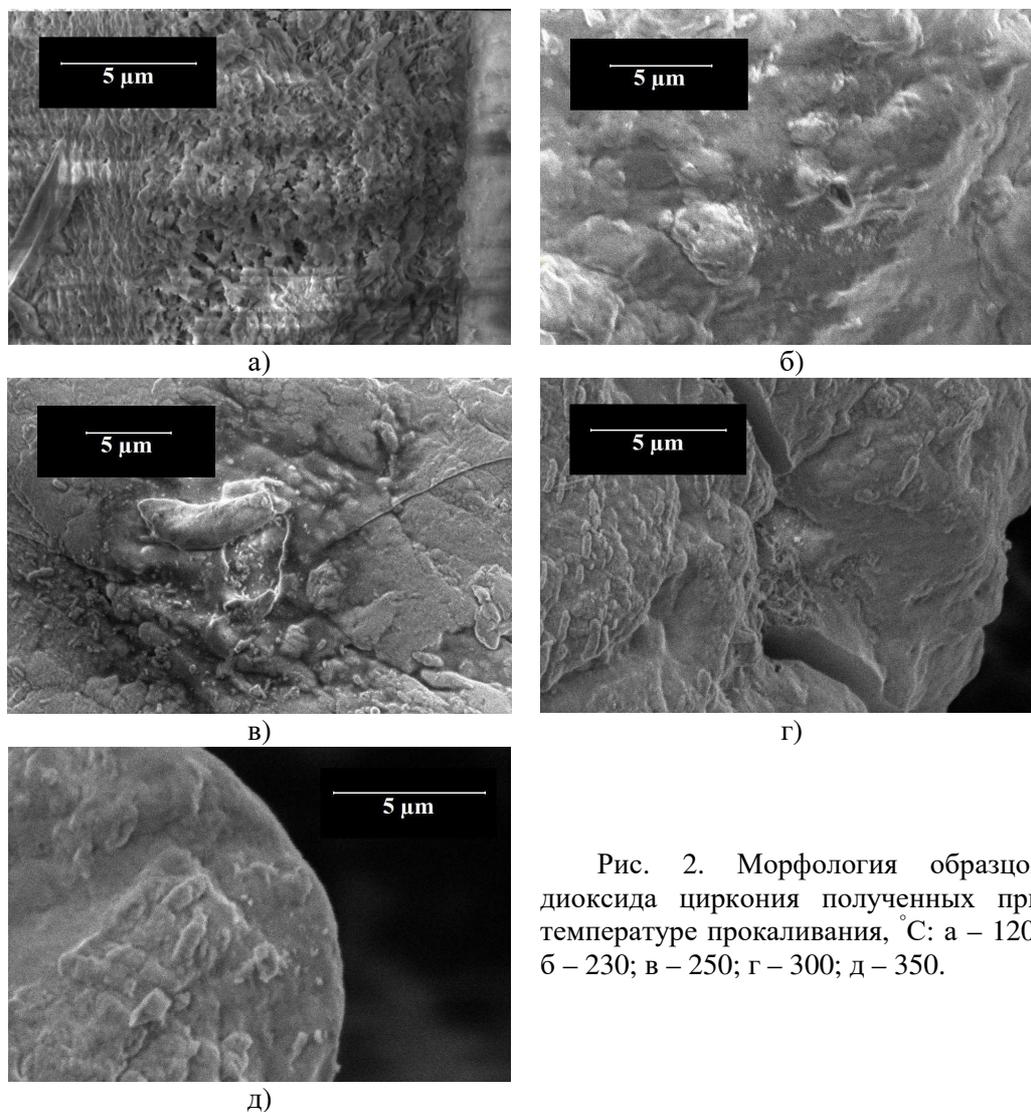


Рис. 2. Морфология образцов диоксида циркония полученных при температуре прокаливания, °С: а – 120; б – 230; в – 250; г – 300; д – 350.

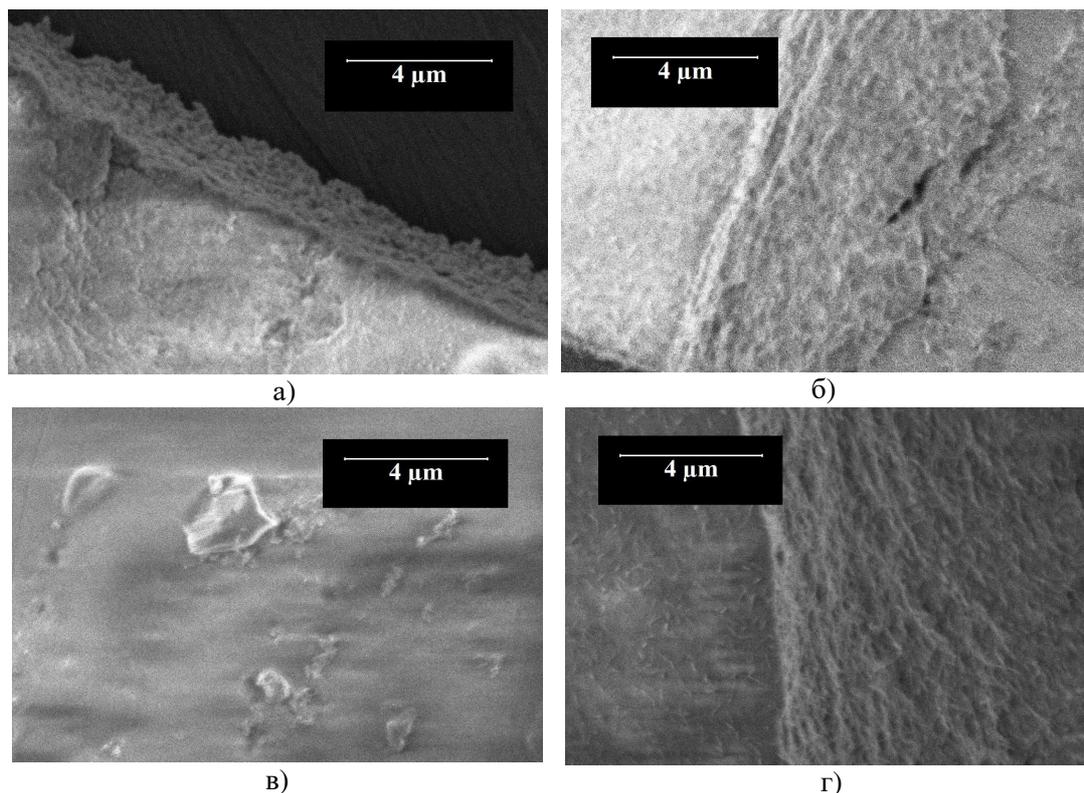


Рис. 3. Морфология образцов диоксида циркония, полученных из водных растворов при следующих соотношениях объемов растворов $0,025 \text{ M ZrO}(\text{NO}_3)_2$: H_2O : $4 \text{ M } (\text{NH}_2)_2\text{CO}$, мл: а – 0,2:2:2; б – 1,2:2:2; в – 2:2:2; г – 2:2:3.

Рентгенограмма полученного образца приведена на рисунке 4. Из представленных данных видно, что выделить явные рефлексы в полученном спектре нельзя, что говорит о крайне низкой степени кристалличности вещества. Тем не менее, под две имеющиеся пиковые области на данном спектре можно подобрать сигнатуры из базы данных ICDD, характерные для нанокристаллического и моноклинного диоксида циркония. В свою очередь, моноклинный ZrO_2 при дальнейшем прокаливании в температурном интервале от 1160 до 2370 °С стабилизируется в виде целевого тетрагонального диоксида циркония. Таким образом, из полученной рентгенограммы можно сделать вывод о том, что полученный порошок представляет собой аморфный диоксид циркония, а также вполне вероятным является его переход в моноклинное, и, далее, тетрагональное состояние после соответствующей термообработки.

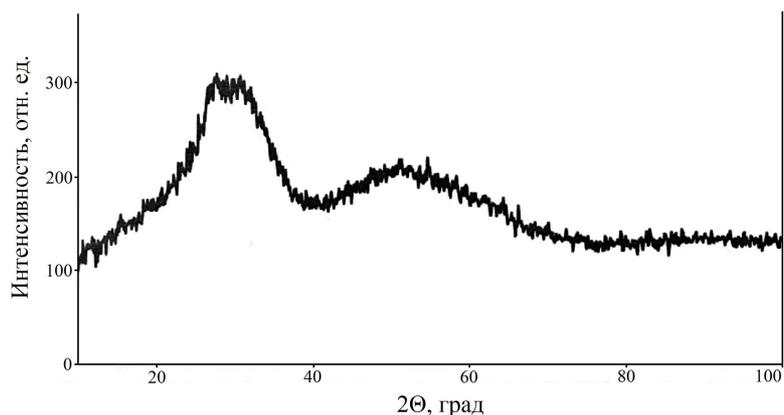


Рис. 4. Рентгенограмма полученного образца диоксида циркония.

Для изучения возможности модификации поверхности полученного образца, что будет необходимо осуществить для синтеза на основе синтезированного аморфного диоксида циркония, его сульфатированного производного, нами была произведена модификация поверхности полученного ZrO_2 по методике, описанной выше. Для того, чтобы подтвердить факт прикрепления к поверхности образца олеатных групп, был выбран метод Паркса, позволяющий оценить удельный поверхностный заряд полученного образца. Данные, полученные этим методом для модифицированного образца, сравнивали с аналогичными данными, полученными для немодифицированного образца, что отражено на рисунке 5.

Как правило, поверхностная модификация является результатом взаимодействия поверхностных гидроксильных групп с присоединёнными структурными элементами [17]. Соответственно, именно поверхностные $-OH$ группы будут производить основное влияние на распределение удельного поверхностного заряда, который исследовался для данных образцов методом Паркса [14]. В нашем случае, с целью получения электронейтральной поверхности, образец диоксида циркония, после предварительной активации его поверхности в растворе перекиси водорода, модифицировался олеатными группами, что обусловлено, вероятно, межмолекулярным электростатическим взаимодействием. Из приведённой на рисунке 4 зависимости видно, что модифицированный ZrO_2 отличается от немодифицированного почти полным отсутствием удельного заряда на поверхности в интервале pH от 4 до 11, при этом положительный поверхностный заряд становится заметным только в кислотной области при низких значениях pH. Это косвенно подтверждает успешную модификацию поверхности олеатными группами, которые и снижают удельный поверхностный заряд полученного образца.

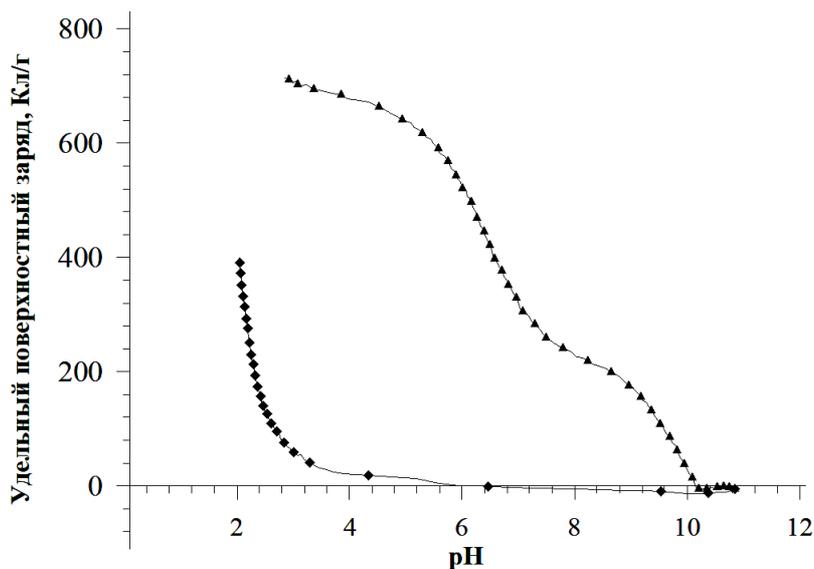


Рис. 5 График зависимости удельного поверхностного заряда от pH: 1 – немодифицированный ZrO₂; 2 – модифицированный ZrO₂.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показана возможность получения аморфного диоксида циркония из азотнокислого цирконила с помощью его гидролиза в присутствии мочевины.
2. Установлено, что образцы полученного ZrO₂ представляют собой агломераты неправильной формы, состоящие из сферических частиц диаметром от 50 до 200 нм.
3. Определены оптимальные параметры процесса получения аморфного диоксида циркония из азотнокислого цирконила, которыми являются: соотношение реагентов – 2 мл 0,025 М ZrO(NO₃)₂ : 2 мл H₂O : 2 мл 4 М (NH₂)₂CO и температура сушки полученного геля – 230 °С.
4. Показана возможность модификации поверхности полученного образца ZrO₂ олеатными группами. В свою очередь это позволяет предположить высокую вероятность получения сульфатированного диоксида циркония на основе рассматриваемого образца.

Список литературы

1. Mongkolbovornkij P. Esterification of industrial-grade palm fatty acid distillate over modified ZrO₂ (with WO₃⁻, SO₄⁻ and TiO₂⁻): Effects of co-solvent adding and water removal / P. Mongkolbovornkij, V. Champreda, W. Sutthisripok, N. Laosiripojana // Fuel Processing Technology. – 2010. – 91. – P. 1510–1516.
2. Negron-Silva G. Comparative study of the regioselective synthesis of β-aminoalcohols under solventless conditions catalyzed by sulfated zirconia and SZ/MCM-41 / G. Negron-Silva, C. X. Hernandez-Reyes, D. Angeles-Beltran, L. Lomas-Romero, E. González-Zamora, J. Méndez-Vivar, // Molecules. – 2007. – 12. – P. 2515–2532.

3. Vlasov E. A. On synthesis and characterization of sulfated alumina–zirconia catalysts for isobutene alkylation / E. A. Vlasov, S. V. Myakin, M. M. Sychov, A. Aho, A. Yu. Postnov, N. V. Mal'tseva, A. O. Dolgashev, Sh. O. Omarov, D. Yu. Murzin // *Catal Lett.* – 2015. – 145. – P.1651–1659.
4. Yuferova E. A. Hybrid catalysts based on sulfated zirconium dioxide and H-beta zeolite for alkylation of isobutane with isobutylene / E. A. Yuferova, S. Yu. Devyatkov, S. P. Fedorov, K. V. Semikin, D. A. Sladkovskii, N. V. Kuzichkin // *Russian Journal of Applied Chemistry.* – 2017. – Vol. 90, №. 10. – P. 1605–1613.
5. Smolikov M. D. Study of n-hexane isomerization on $Pt/SO_4/ZrO_2/Al_2O_3$ catalysts: effect of the state of platinum on catalytic and adsorption properties / M. D. Smolikov, K. V. Kazantsev, E. V. Zatolokina, D. I. Kir'yanov, E. A. Paukshtis, A. S. Belyi // *Kinetics and Catalysis.* – 2010. – Vol. 51, №. 4. – P. 584–594.
6. Lavrenov A. V. Hydroisomerization of reformed gasoline on the $Pt/SO_4^{2-}-ZrO_2$ Catalyst / A. V. Lavrenov, M. O. Kazakov, V. K. Duplyakin, V. A. Likholobov // *Neftekhimiya.* – 2009. – Vol. 49, №. 3. – P. 236–242.
7. Tagiev D. B. Isomerization of n-butane on dealuminated mordenite promoted with zirconium dioxide / D. B. Tagiev, R. V. Starikov, A. A. Imanova, M. I. Rustamov // *Russian Journal of Applied Chemistry.* – 2007. – Vol. 80, №. 2. – P. 268–271.
8. Ramadan A. R. Surface and acidic properties of mixed titanium and zirconium sulfated oxides / A. R. Ramadan, N. Yacoub, S. Bahgat, J. Ragai // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects.* – 2007. – 302. – P. 36–43.
9. Shi X. Catalytic conversion of xylose to furfural over the solid acid $SO_4^{2-}/ZrO_2-Al_2O_3/SBA-15$ catalysts / X. Shi, Y. Wu, P. Li, H. Yi, M. Yang, G. Wang // *Carbohydrate Research.* – 2011. – 346. – P. 480–487.
10. Reddy B. M. Influence of alumina and titania on the structure and catalytic properties of sulfated zirconia: Beckmann rearrangement / B. M. Reddy, G. K. Reddy, K. N. Rao, L. Katta // *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical.* – 2009. – 306. – P. 62–68.
11. Смоликов М. Д. Катализаторы изомеризации бензиновых фракций на основе сульфатированного диоксида циркония нанесённого на $\gamma-Al_2O_3$ / М. Д. Смоликов, Л. И. Бикметова, Д. И. Кирьяева, Е. В. Затолокина, К. В. Казанцев, И. В. Муромцев, А. С. Белый // *Катализ в промышленности.* – 2014. – №5. – С. 44–48.
12. Мишихина Е. А. Синтез наночастиц $Y(OH)CO_3$ и Y_2O_3 при использовании жидких межфазных границ и дальнейшая модификация их поверхности палладием / Е. А. Мишихина, Э. А. Христинич, Е. В. Проскуракова, В. И. Попенко, Л. И. Богуславский, В. В. Фомичев, Т. М. Буслаева // *Химия и технология неорганических материалов.* – 2011. – Т.6, № 6. – С. 93–97.
13. Sohn S. Synthesis and characterization of near-monodisperse yttria particles by homogeneous precipitation method / S. Sohn, Y. Kwon, Y. Kim, D. Kim // *Powder Technology.* – 2004. – V.142. – P. 136–153.
14. Parks G. A. The zero point of charge of oxides / G. A. Parks, P. L. de Bruyn // *J. Phys. Chem.* – 1962. – Vol. 66. – P. 967–973.
15. Pfaff G. Peroxide route to synthesize calcium titanate powders of different composition / Pfaff G. // *Journal of the European Ceramic Society.* – 1992. – Vol. 9, Issue 4. – P. 293–299.
16. Pfaff G., Peroxide route to synthesize strontium titanate powders of different composition / Pfaff G. // *Journal of the European Ceramic Society.* – 1992. – Vol. 9, Issue 2. – P. 121–125.
17. Chang S. An efficient approach to derive hydroxyl groups on the surface of barium titanate nanoparticles to improve its chemical modification ability / S. Chang, W. Liao, C. Ciou, J. Lee, C. Li // *Journal of Colloid and Interface Science.* – 2009. – 329. – P. 300–305.

**OBTAINING OF AMORPHOUS ZrO₂ FROM ZIRCONYL NITRATE AND
STUDYING ITS STRUCTURAL AND SURFACE PROPERTIES**

Velyaev Yu. O.¹, Ilyuhina E. M.², Kometiani I. B.³, Pokintelitsa N. I.¹, Grafova A. E.¹

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

²*Center of hygiene and epidemiology in Kursk region, Kursk, Russia*

³*Kursk State University, Kursk, Russia*

E-mail: velyaevyo@yandex.ru

Today, zirconium dioxide is widely used as a catalyst in the isomerization of light gasoline fractions. In sulfated form, it allows to obtain high-octane components of automobile gasoline that do not contain aromatic hydrocarbons, which significantly improves the quality of motor fuels. The effectiveness of the zirconium catalyst is significantly increased if it is applied to a substrate of silicon or aluminum oxides with a developed specific surface area. Such compositions are obtained by using sol-gel technology. As the initial reagent for the production of sulfated zirconium dioxide, zirconium nitric acid can be used, on the basis of which an amorphous zirconium dioxide can be obtained. Such ZrO₂ is further stabilized at elevated temperature in the tetragonal phase in the presence of amorphous silicon dioxide, aluminum or their composition. After that, the resulting composition is sulfated and the desired catalyst is obtained.

The article presents the results of research on the production of amorphous zirconium dioxide from zirconyl nitrate, using the process of its hydrolysis in the presence of urea. The optimal ratios of the reagents taken for synthesis were determined, which were: 2 ml 0.025 m ZrO(NO₃)₂: 2 ml H₂O: 2 ml 4 M (NH₂)₂CO. The optimal drying temperature of the resulting sediment was identified, which was 230 °C. At a lower drying temperature, incomplete removal of residual urea is observed. This is evidenced by the peaks of nitrogen and carbon in the spectra obtained by x-ray spectral microanalysis. The presence of these elements on the spectrum indicates incomplete removal of urea from the surface of the resulting zirconium dioxide, while when the temperature rises to 230 °C, they are already absent in view of its complete removal. The appearance of a small peak of aluminum on both spectra is explained by the fact that the samples were dried and studied in a microscope on aluminum substrates. This was necessary in order to avoid the appearance of a background peak from the carbon tape that attached the samples to the object table in the vacuum chamber.

The morphology of the obtained samples was investigated. It was found that the samples of the resulting ZrO₂ are formless agglomerates consisting of spherical particles with a diameter of 50 to 200 nm. The surface of the obtaining zirconium dioxide was modified with oleate groups. The distribution of the specific surface charge for the modified and unmodified sample of zirconium dioxide was studied, which showed almost complete inactivation of the surface charge in the modified ZrO₂ at pH<4, which indicates a modification of the surface due to the electrostatic interaction of the active surface centers and oleate groups.

Keywords: zirconium dioxide, sol-gel method, surface modification, surface charge.

References

1. Mongkolbovornkij P., Champreda V., Sutthisripok W., Laosiripojana N. Esterification of industrial-grade palm fatty acid distillate over modified ZrO₂ (with WO₃⁻, SO₄⁻ and TiO₂⁻): Effects of co-solvent adding and water removal, *Fuel Processing Technology*, **91**, 1510, (2010).
2. Negron-Silva G., Hernandez-Reyes C. X., Angeles-Beltran D., Lomas-Romero L., González-Zamora E., Méndez-Vivar J. Comparative study of the regioselective synthesis of β-aminoalcohols under solventless conditions catalyzed by sulfated zirconia and SZ/MCM-41, *Molecules*, **12**, 2515, (2007).
3. Vlasov E. A., Myakin S. V., Sychoy M. M., Aho A., Postnov A. Yu., Mal'tseva N. V., Dolgashev A. O., Omarov Sh. O., Murzin D. Yu. On synthesis and characterization of sulfated alumina–zirconia catalysts for isobutene alkylation, *Catal. Lett.*, **145**, 1651, (2015). (in Russ.)
4. Yuferova E. A., Devyatkov S. Yu., Fedorov S. P., Semikin K. V., Sladkovskii D. A., Kuzichkin N. V. Hybrid catalysts based on sulfated zirconium dioxide and H-beta zeolite for alkylation of isobutane with isobutylene, *Russian Journal of Applied Chemistry*, **90(10)**, 1605, (2017). (in Russ.)
5. Smolikov M. D., Kazantsev K. V., Zatulokina E. V., Kir'yanov D. I., Paukshtis E. A., Belyi A. S. Study of n-hexane isomerization on Pt/SO₄/ZrO₂/Al₂O₃ catalysts: effect of the state of platinum on catalytic and adsorption properties, *Kinetics and Catalysis*, **51(4)**, 584, (2010). (in Russ.)
6. Lavrenov A. V., Kazakov M. O., Duplyakin V. K., Likholobov V. A. Hydroisomerization of reformed gasoline on the Pt/SO₄²⁻-ZrO₂ catalyst, *Neftekhimiya*, **49(3)**, 236, (2009). (in Russ.)
7. Tagiev D. B., Starikov R. V., Imanova A. A., Rustamov M. I. Isomerization of n-butane on dealuminated mordenite promoted with zirconium dioxide, *Russian Journal of Applied Chemistry*, **80(2)**, 268, (2007). (in Russ.)
8. Ramadan A. R., Yacoub N., Bahgat S., Ragai J. Surface and acidic properties of mixed titanium and zirconium sulfated oxides, *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, **302**, 36, (2007).
9. Shi X., Wu Y., Li P., Yi H., Yang M., Wang G. Catalytic conversion of xylose to furfural over the solid acid SO₄²⁻/ZrO₂-Al₂O₃/SBA-15 catalysts, *Carbohydrate Research*, **346**, 480, (2011).
10. Reddy B. M., Reddy G. K., Rao K. N., Katta L. Influence of alumina and titania on the structure and catalytic properties of sulfated zirconia: Beckmann rearrangement, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, **306**, 62, (2009).
11. Smolikov M. D., Bikmetova L. I., Kir'yaeva D. I., Zatulokina E. V., Kazancev K. V., Muromcev I. V., Belyj A. S. Catalysts for isomerization of gasoline fractions based on sulfated zirconium dioxide deposited on γ-Al₂O₃, *Catalysis in industry*, **5**, 44, (2014). (in Russ.)
12. Mishchihina E. A., Hristich E. A., Proskuryakova E. V., Popenko V. I., Boguslavskij L. I., Fomichev V. V., Buslaeva T. M. Synthesis of Y(OH)CO₃ и Y₂O₃ nanoparticles using liquid interphase boundaries and further modification of their surface with paladium, *Chemistry and technology of inorganic materials*, **6(6)**, 93, (2011). (in Russ.)
13. Sohn S., Kwon Y., Kim Y., Kim D. Synthesis and characterization of near-monodisperse yttria particles by homogeneous precipitation method, *Powder Technology*, **142**, 136, (2004).
14. Parks G. A., de Bruyn P. L. The zero point of charge of oxides, *J. Phys. Chem.*, **66**, 967, (1962).
15. Pfaff G. Peroxide route to synthesize calcium titanate powders of different composition, *Journal of the European Ceramic Society*, **9(4)**, 293, (1992).
16. Pfaff G. Peroxide route to synthesize strontium titanate powders of different composition, *Journal of the European Ceramic Society*, **9(2)**, 121, (1992).
17. Chang S., Liao W., Ciou C., Lee J., Li C. An efficient approach to derive hydroxyl groups on the surface of barium titanate nanoparticles to improve its chemical modification ability, *Journal of Colloid and Interface Science*, **329**, 300, (2009).

УДК 553.635.1:666.913.2

ВЛИЯНИЕ ПОЛИФОСФАТОВ НАТРИЯ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА

Гришковец В. И.¹, Норкин А. С.¹, Остапенко А. Д.¹, Яковишин Л. А.², Миневиц А. А.³

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

²*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Республика Крым, Россия*

³*Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

E-mail: vladgri@ukr.net

Изучено влияние натриевых солей диполифосфорной и триполифосфорной кислот (пирофосфата натрия и триполифосфата натрия) на процесс отверждения гипса. Исследована концентрационная зависимость ингибирующего действия каждой из солей в диапазоне концентраций 0,0031–0,05 моль/л. Показано, что оба полифосфата проявляют высокую ингибирующую активность, сопоставимую с активностью цитрата натрия. Практическое использование исследованных фосфатов наиболее эффективно в диапазоне концентраций 0,005–0,015 моль/л.

Ключевые слова: гипс, ингибирование отверждение, пирофосфат натрия, триполифосфат натрия.

ВВЕДЕНИЕ

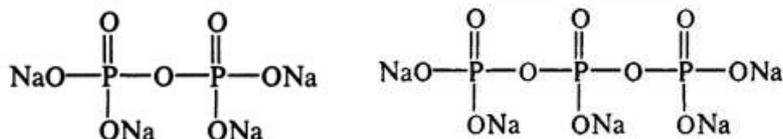
Хорошо известно, что гипсовые вяжущие материалы находят очень широкое применение в технике, промышленности и в строительной индустрии [1–3]. Работы в области модифицирующих добавок в гипсовые смеси с целью, как изменения их прочностных свойств, так и с целью продления времени формирования гипсовых составов давно известны и продолжают быть актуальными [4]. В строительстве модифицирующие добавки, замедляющие скорость отверждения гипсовых вяжущих веществ неизменно пользуются большим спросом. Поэтому изучение различных модификаторов при получении гипсовых вяжущих веществ представляет актуальную задачу и требует детального научного исследования.

Влияние фосфатных солей на процесс схватывания гипса известно давно, однако исследования в этом направлении носили скорее исключительно прикладной характер и выбор модификаторов часто был случайным, тестировались лишь самые распространенные производные фосфорной кислоты, а исследования обычно не имели систематического подхода.

Ранее мы изучили влияние фосфата натрия, гидрофосфатов натрия, калия, аммония и дигидрофосфата натрия на процесс отверждения гипса [5] и показали, что наибольшей ингибирующей активностью обладает тризамещенный фосфат натрия. Дизамещенные фосфаты натрия, калия и аммония обладают сравнимой с

фосфатом натрия активностью, а дигидрофосфат натрия практически не проявляет ингибирующую активность.

Целью настоящей работы явилось изучение натриевых солей ди- и триполифосфорных кислот, а именно пирофосфата натрия и триполифосфата натрия:



в качестве ингибиторов процесса отверждения гипса, установление зависимости ингибирующего действия от концентрации каждого из полифосфатов и сравнение ингибирующего действия пирофосфата натрия и триполифосфата натрия с ранее изученным цитратом натрия.

Ранее в патенте [6] описано ингибирующее действие близких по структуре соединений – триметафосфата натрия и полифосфата натрия со средней длиной цепи от 4 до 50 единиц фосфата.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались вещества: гипс строительный Г5, пирофосфат натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), цитрат натрия ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$). В ходе работы использовали исходные 0,1 М растворы фосфатных солей. Путем последовательного разбавления дистиллированной водой были получены растворы следующих молярностей: 0,05; 0,025; 0,0125; 0,0062; 0,0031.

Для определения времени начала и окончания отверждения брали навески гипса по 2,0 г, к которым добавляли по 1,2 мл исследуемых растворов каждого из фосфатов в указанных выше концентрациях. Смеси перемешивали в ступке с помощью пестика в течение 10 с. Получившуюся гипсовую массу переносили на подложку и фиксировали время начала и окончания отверждения образца. Момент помутнения глянцевої поверхности гипсовой смеси отмечали как начало процесса отверждения. Время окончательного отверждения определялось в момент, когда образец переставал деформироваться при надавливании стеклянной палочкой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве объектов исследования были взяты пирофосфат натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) и триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$). В качестве объекта сравнения – цитрат натрия ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 5,5\text{H}_2\text{O}$). Исследовалось ингибирующее действие вышеуказанных фосфатов на процесс отверждения гипса в концентрациях от 0,0016 до 0,05 моль/л. Результаты исследования приведены в таблице 1 и графически иллюстрированы в рисунках 1 и 2. В «холостом» опыте с использованием дистиллированной воды вместо растворов полифосфатов время начала затвердения

для гипса составило около 4 минут, а окончательное затверждение массы наблюдалось через 9 минут.

Таблица 1
Ингибирующее действие полифосфатов натрия на процесс отверждения гипса

C (моль/л)	Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇		Na ₄ P ₂ O ₇		Na ₅ P ₃ O ₁₀	
	Начало (мин.)	Окончание (мин.)	Начало (мин.)	Окончание (мин.)	Начало (мин.)	Окончание (мин.)
0,05	90	240	100	300	145	300
0,025	80	200	100	180	150	300
0,0125	70	140	37	60	170	240
0,0063	50	80	13	40	55	75
0,0031	30	40	10	40	20	40
0,0016	20	35	5	24	8	30

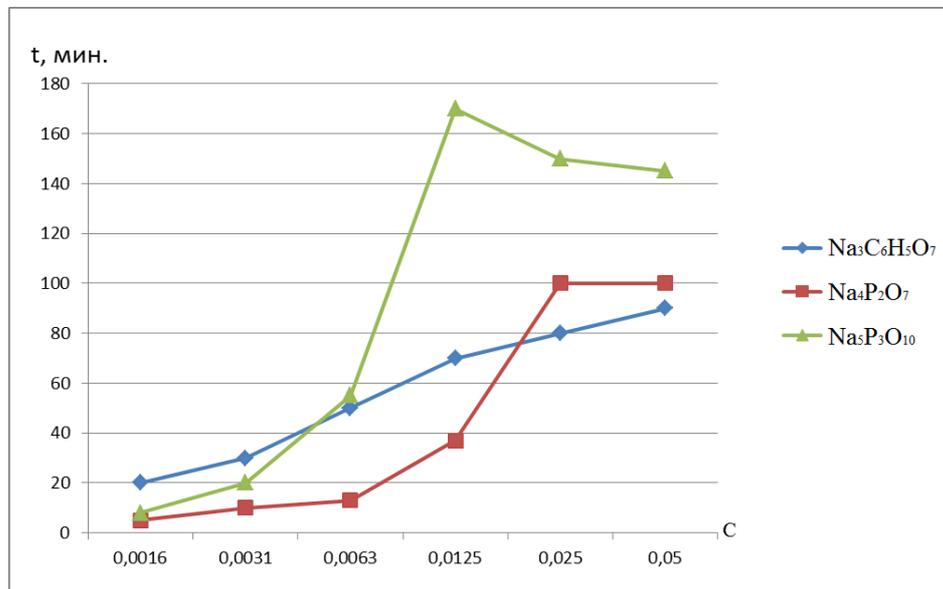


Рис. 1. Зависимость времени начала отверждения гипса от концентрации солей.

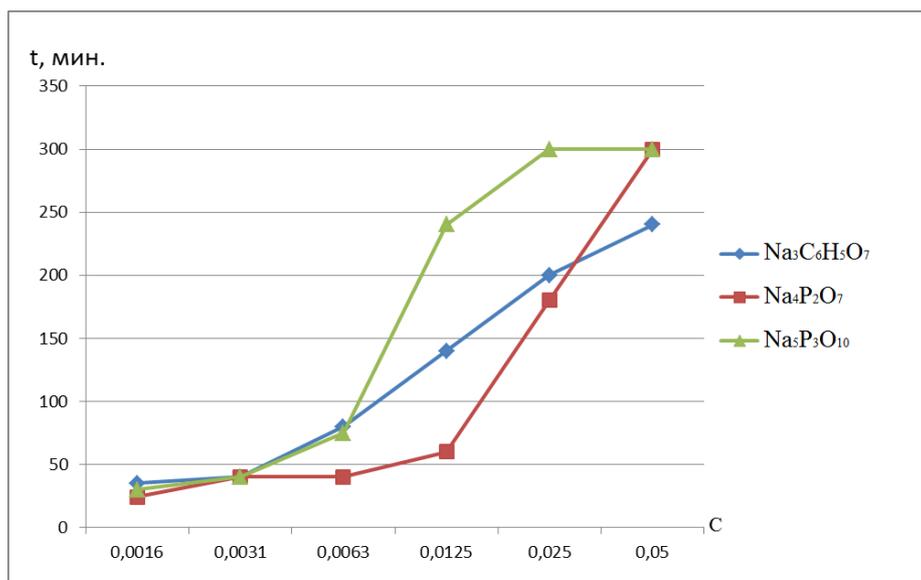


Рис. 2. Зависимость времени окончания отверждения гипса от концентрации солей.

Из полученных результатов можно заключить, что оба исследованных полифосфата проявляют высокую ингибирующую активность, представляющую интерес в плане практического использования. В сравнении с ранее исследованным нами цитратом натрия [7] активность пирофосфата натрия, в общем, несколько ниже, однако активность триполифосфата натрия, особенно в концентрациях от 0,0063 моль/л, существенно выше активности цитрата натрия. С увеличением концентрации исследованных фосфатов активность также возрастает. Для триполифосфата натрия на графике зависимости времени начала отверждения от концентрации наблюдается максимум активности при 0,0125 моль/л, а время окончательного отверждения с концентрации выше 0,02 моль/л выходит на плато, что, очевидно, связано с проявлением отмеченного нами ранее для дизамещенных ортофосфатов [5] параллельного эффекта ускорения индифферентными солями. Кроме того, для высоких концентраций как пирофосфата, так и триполифосфата (выше 0,02 моль/л) замечено и снижение механической прочности отливок, особенно заметное для концентрации 0,05 моль/л. Для более низких концентраций отличий в механической прочности отливок в сравнении с использованием в качестве затворяющей жидкости дистиллированной воды не обнаружено. Результаты, приведенные в таблице 1, позволяют рекомендовать растворы пирофосфата натрия и триполифосфата натрия в качестве затворяющей жидкости в интервале концентраций 0,003–0,013 моль/л. При этом время начала схватывания в сравнении с 4 минутами у воды для пирофосфата увеличивается до 10–40 минут, а время полного отверждения возрастает с 9 минут до 40–60 минут. Для триполифосфата натрия в этом же диапазоне концентраций время начала схватывания составляет 20–170 минут и время окончания – 40–240 минут. Наиболее

оптимальным, очевидно, следует считать диапазон концентраций 0,005–0,015 моль/л для обеих солей, причем активность триполифосфата при этом примерно в четыре раза выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучено влияние пирофосфата натрия и триполифосфата натрия, на процесс отверждения гипса.
2. Исследована концентрационная зависимость ингибирующего действия каждой из солей в диапазоне концентраций 0,0031–0,05 моль/л.
3. Показано, что ингибирующая активность триполифосфата натрия примерно в 4 раза выше активности пирофосфата.
4. Практическое использование исследованных фосфатов в качестве замедлителей процесса отверждения гипса наиболее эффективно в диапазоне концентраций 0,005–0,01 моль/л для обеих солей.

Список литературы

1. Попов К. Н. Строительные материалы и изделия: учебник для вузов / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2005. – 438 с.
2. Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
3. Сулименко Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе: учебник для вузов / Л. М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 2005. – 334 с.
4. Kunze R. A. Gypsum and Plaster / R. A. Kunze, A. G. Thayer // Cem. Res. Prog. – 1986. – P. 267–283.
5. Влияние фосфатов натрия на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, А. С. Норкин, Л. А. Яковишин, Е. Н. Корж // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 4. – С. 262–269.
6. Пат. 2383507 RU. Способ замедления схватывания гипса и приготовлений с гипсом / Стаффел Т., Лёш С. – опубл. 03.10.2010, Бюл. № 7.
7. Гришковец В. И. Влияние солей лимонной кислоты на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, Л. А. Яковишин, Е. Н. Корж // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2016. – Т. 2 (68), № 3. – С. 83–89.

INFLUENCE OF SODIUM POLYPHOSPHATES ON THE CURING GYPSUM PROCESS

Grishkovets V. I.¹, Norkin A. S.¹, Ostapenko A. D.¹, Yakovishin L. A.², Minevich A. A.¹

¹*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

²*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

E-mail: vladgri@ukr.net

The effect of sodium salts of dipolyphosphoric and tripolyphosphoric acids (sodium pyrophosphate and sodium tripolyphosphate) on the gypsum curing process was studied. The concentration dependence of the inhibitory effect of each of the salts in the concentration range of 0.0031–0.05 mol/L was studied.

From the results obtained, it can be concluded that both polyphosphates studied exhibit high inhibitory activity, which is of interest in terms of practical use. In comparison with the previously studied sodium citrate, the activity of sodium pyrophosphate is generally somewhat lower, but the activity of sodium tripolyphosphate, especially in concentrations from 0.0063 mol/L, is significantly higher than the activity of sodium citrate. As the concentration of the studied phosphates increases, the activity also increases.

For sodium tripolyphosphate, the maximum activity is observed at 0.0125 mol/L, and the final curing time from a concentration above 0.02 mol/L reaches a plateau. In addition, for high concentrations of both pyrophosphate and tripolyphosphate (above 0.02 mol/L), a decrease in the mechanical strength of castings was observed, especially noticeable for a concentration of 0.05 mol/L. For lower concentrations, there were no differences in the mechanical strength of castings in comparison with the use of distilled water as a closing liquid. Obviously, the most optimal range of concentrations is 0.005–0.015 mol/L for both salts, and the activity of tripolyphosphate is approximately four times higher.

Keywords: gypsum, the inhibition of curing, sodium pyrophosphate, sodium tripolyphosphate.

References

1. Popov K. N., Kaddo M. B., *Building materials and products: a textbook for high schools*, 438 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
2. Butt Yu. M., Sychev M. M., Tamashev V. V., *Chemical technology of knitting materials: the textbook for high schools*, 472 p. (High school, Moscow, 1980). (In Russ.).
3. Sulimenko L. M., *The technology of mineral binding materials and products based on them: a textbook for high schools*, 334 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
4. Kunze R. A., Thayer A. G., Gypsum and Plaster, *Cem. Res. Prog.*, 267 (1986).
5. Grishkovets V. I., Norkin A. S., Yakovishin L. A., Korzh E. N., The effect of sodium phosphates in the curing gypsum process, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5** (4), 262 (2019). (in Russ.).
6. Pat. 2383507 RU, *Method for moderation of gypsum setting and preparations with gypsum*, Staffel T., Lesh S., Publ. October 03, 2010, Bull. 7. (in Russ.).
7. Grishkovets V. I., Yakovishin L. A., Korzh E. N., Effect of citric acid salts on the process of gypsum curing, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **2** (3), 83 (2016). (in Russ.).

УДК 553.635.1:666.913.2

ВЛИЯНИЕ ЭТИДРОНОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЁ СОЛЕЙ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА

Гришковец В. И.¹, Остапенко А. Д.¹, Яковишин Л. А.², Миневич А. А.³

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

²*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Республика Крым, Россия*

³*Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

E-mail: vladgri@ukr.net

Изучено влияние оксиэтилидендифосфоновой (этидроновой) кислоты и ее динатриевой и тетранатриевой солей на процесс отверждения гипса. Исследована концентрационная зависимость ингибирующего действия кислоты и её солей в диапазоне концентраций 0,0008–0,025 моль/л. Показано, что ингибирующее действие этидроновой кислоты и ее солей сопоставимо с действием цитрата натрия. Из исследованных соединений несколько большей ингибирующей активностью обладает динатриевая соль этидроновой кислоты. Практическое использование этидроновой кислоты и её солей наиболее эффективно в диапазоне концентраций 0,005–0,01 моль/л.

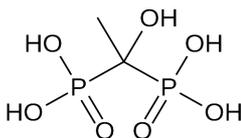
Ключевые слова: гипс, ингибирование отверждения, этидроновая кислота, оксиэтилидендифосфоновая кислота, динатриевая соль этидроновой кислоты, тетранатриевая соль этидроновой кислоты.

ВВЕДЕНИЕ

Гипсовые вяжущие материалы широко используются как в промышленной технике, так и в строительной индустрии [1–3]. Работы в области модифицирующих добавок в гипсовые смеси ведутся давно, но продолжают быть актуальными [4]. Поэтому изучение, как новых модификаторов, так и детальное исследование уже известных интересно в научном и практическом планах.

Ранее мы исследовали влияние неорганических ортофосфатов [5] и полифосфатов [6] на процесс отверждения гипса. Целью настоящей работы является систематическое изучение ингибирующего действия этидроновой (оксиэтилидендифосфоновой, 1-гидроксиэтан-1,1-дифосфоновой) кислоты и ее солей в отношении процесса отверждения гипса.

Этидроновая кислота – хорошо известное органическое соединение, являющееся производным фосфоновой кислоты [7]:



Вследствие относительной дешевизны она широко используется в нефтедобыче и теплоэнергетике как средство для предотвращения отложений солей в трубах; как стабилизатор в парфюмерии, в аналитической химии как маскирующий реагент и титрант в комплексонометрии, в фотографии в качестве заменителя трилона Б, в сельском хозяйстве для внесения удобрений в хелатной форме, как консервант в пищевой промышленности, в медицине для укрепления костей, лечения остеопороза и ряда других заболеваний. Все применения этидроновой кислоты, очевидно, основаны на ее ярко выраженных хелатирующих свойствах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались вещества: гипс строительный Г5, оксиэтилендифосфоновая кислота ($C_2H_8O_7P_2 \cdot H_2O$), её тетранатриевая соль ($C_2H_4O_7P_2Na_4 \cdot 4H_2O$) и кислая динатриевая соль ($C_2H_6O_7P_2Na_2$).

В ходе работы использовали исходные 0,05 М растворы этидроновой кислоты и её солей. Путем последовательного разбавления дистиллированной водой были получены растворы следующих молярностей: 0,025; 0,0125; 0,0062; 0,0031; 0,0016; 0,0008.

Для определения времени начала и окончания отверждения брали навески гипса по 2,0 г, к которым добавляли по 1,2 мл каждого из исследуемых растворов в указанных выше концентрациях. Смеси перемешивали в ступке с помощью пестика в течение 10 с. Получившуюся гипсовую массу переносили на подложку и фиксировали время начала и окончания отверждения образца. Момент помутнения глянцевої поверхности гипсовой смеси отмечали как начало процесса отверждения. Время окончательного отверждения определялось в момент, когда образец перестает деформироваться при надавливании стеклянной палочкой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве объектов исследования были взяты оксиэтилендифосфоновая (этидроновая) кислота и ее динатриевая и тетранатриевая соли. В качестве объекта сравнения – цитрат натрия ($Na_3C_6H_5O_7 \cdot 5,5H_2O$). Исследовалось ингибирующее действие вышеуказанных соединений на процесс отверждения гипса в концентрациях от 0,0008 до 0,025 моль/л. В «холостом» опыте с использованием дистиллированной воды (вместо растворов этидроновой кислоты и ее солей) время начала затвердения для гипса составило около 4 минут, а окончательное затвердение массы наблюдалось через 9–10 минут. Результаты исследования приведены в таблице 1 и графически иллюстрированы на рисунках 1 и 2.

Таблица 1
Ингибирующее действие этидроновой кислоты и её солей на процесс отверждения гипса

C (моль/л)	Na ₃ C ₆ H ₅ O ₇		C ₂ H ₈ O ₇ P ₂ ·H ₂ O		C ₂ H ₄ O ₇ P ₂ Na ₄ ·4H ₂ O		C ₂ H ₆ O ₇ P ₂ Na ₂	
	Начало (мин.)	окончание (мин.)	Начало (мин.)	Окончание (мин.)	Начало (мин.)	Окончание (мин.)	Начало (мин.)	Окончание (мин.)
0,025	80	200	75	120	75	240	110	180
0,0125	70	140	63	120	60	90	100	130
0,0063	50	80	22	50	20	45	33	60
0,0031	30	40	6	30	5	25	10	30
0,0016	20	35	4	25	4	22	5	17
0,0008	15	30	4	23	4	20	5	17

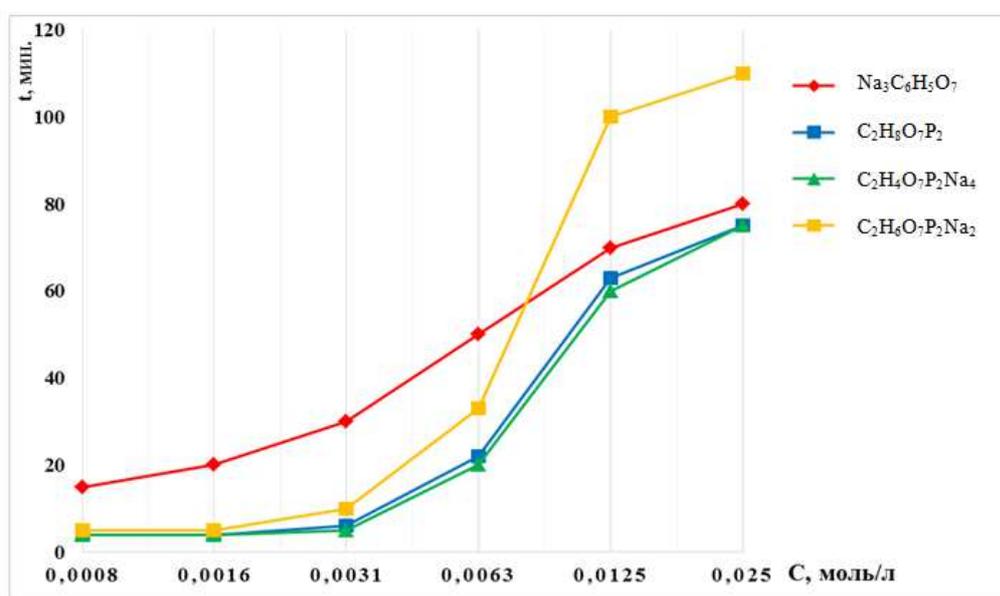


Рис. 1. Зависимость времени начала отверждения гипса от концентрации этидроновой кислоты и её солей.

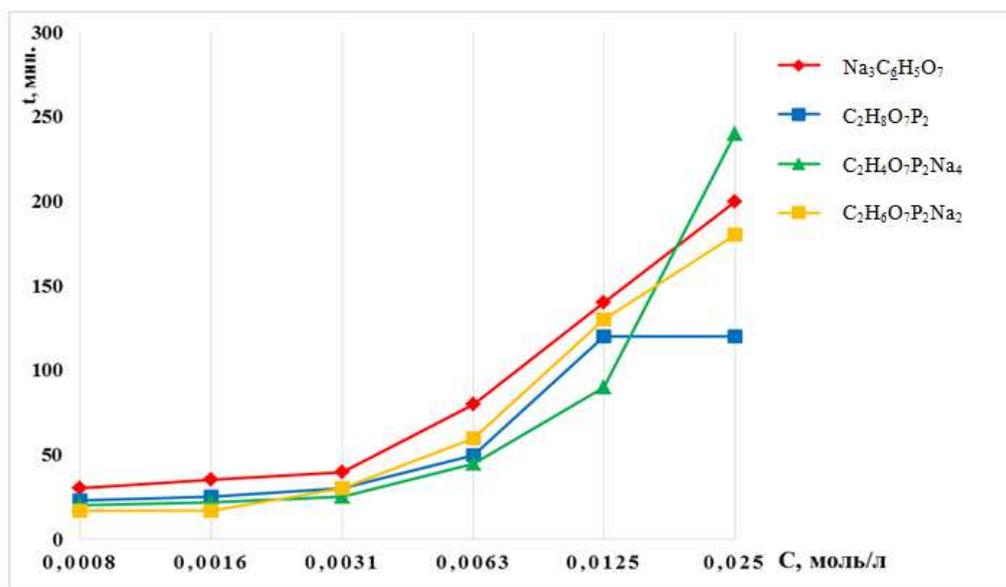


Рис. 2. Зависимость времени окончания отверждения гипса от концентрации этидроновой кислоты и её солей.

В ходе эксперимента выявилось, что этидроновая кислота и её соли проявили выраженное замедляющее действие на процесс отверждения гипса. Как и ожидалось, ингибирующая активность возрастает с увеличением концентрации растворов вплоть до исследованной концентрации 0,025 моль/л. Все исследованные соединения показали активность в отношении, как начала, так и окончания затвердевания гипса, сопоставимую с активностью цитрата натрия в тех же концентрациях. В отношении времени начала затвердевания при высоких концентрациях (выше 0,01 моль/л) активность динатриевой соли заметно превышает активность цитрата натрия. А в отношении окончания затвердевания тетранатриевая соль несколько активнее цитрата натрия при самой высокой исследованной концентрации (0,025 моль/л).

Растворы с большей концентрацией не исследовались, так как уже при концентрации 0,025 моль/л и выше было отмечено ухудшение прочностных характеристик полученных образцов. Наиболее оптимальным с практической точки зрения следует, очевидно, считать диапазон концентраций 0,005–0,01 моль/л как для самой этидроновой кислоты, так и для ее солей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучено влияние этидроновой кислоты и ее натриевых солей на процесс отверждения гипса.

2. Исследована концентрационная зависимость ингибирующего действия этидроновой кислоты и ее ди- и тетранатриевых солей в диапазоне концентраций 0,0008–0,025 моль/л.
3. Показано, что исследованные соединения обладают ингибирующей активностью, сопоставимой с активностью цитрата натрия.
4. Практическое использование этидроновой кислоты и её солей для замедления процесса отверждения гипса наиболее эффективно в диапазоне концентраций 0,005–0,01 моль/л.

Список литературы

1. Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
2. Попов К. Н. Строительные материалы и изделия: учебник для вузов / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2005. – 438 с.
3. Пашенко А. А. Вяжущие материалы / А. А. Пашенко, В. П. Сербин, Е. А. Старчевская – Киев: Вища школа, 1985. – 440 с.
4. Сулименко Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе: учебник / Л. М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 2005. – 334 с.
5. Влияние фосфатов натрия на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, А. С. Норкин, Л. А. Яковишин, Е. Н. Корж // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 4. – С. 262–269.
6. Влияние полифосфатов натрия на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, А. С. Норкин, А. Д. Остапенко [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72), № 1. – С. 262–267.
7. Кабачник М. И. Оксидэтилендифосфоновая кислота: статья / М. И. Кабачник // Химический энциклопедический словарь, Гл. ред. Кнунянц И. Л. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – С. 403.

INFLUENCE OF ETIDRONIC ACID AND ITS SALTS ON THE CURING GYPSUM PROCESS

Grishkovets V. I.¹, Ostapenko A. D.¹, Yakovishin L. A.², Minevich A. A.¹

¹*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

²*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

E-mail: vladgri@ukr.net

The influence 1-Hydroxyethane 1,1-diphosphonic acid (etidronic acid) and its disodium and tetrasodium salts on the gypsum curing process. The concentration dependence of the inhibitory effect of acid and its salts in the concentration range of 0.0008–0.025 mol/L was studied.

In the course of the experiment revealed that etidronic acid and its salts showed pronounced inhibiting effect on the curing process of the plaster. As expected, the inhibitory activity increases with increasing concentration of solutions up to the studied concentration of 0.025 mol/L. All studied compounds showed activity with respect to both the beginning and end of solidification of gypsum, comparable to the activity of sodium citrate in the same concentrations. With respect to the start time of solidification at high

concentrations (above 0.01 mol/L), the activity of disodium salt exceeds that of sodium citrate. And with respect to the end of solidification, the tetrasodium salt is slightly more active than sodium citrate at the highest studied concentration (0.025 mol/L).

Solutions with a higher concentration were not studied, since already at a concentration of 0.025 mol/L or higher, the strength characteristics of the obtained samples were observed to deteriorate. The most optimal from a practical point of view, it should obviously be considered a range of concentrations of 0.005–0.01 mol/L for both the etidronic acid itself and its salts.

Keywords: gypsum, the inhibition of curing, etidronic acid, etidronic acid disodium salt, etidronic acid tetrasodium salt.

References

1. Butt Yu. M., Sychev M. M., Tamashev V. V., *Chemical technology of knitting materials: the textbook for high schools*, 472 p. (High school, Moscow, 1980). (In Russ.).
2. Popov K. N., Kaddo M. B., *Building materials and products: a textbook for high schools*, 438 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
3. Paschenko A. A., Serbin V. P., Starchevskaya E. A., *Cementing materials*, 440 p. (High school, Kiev, 1985). (In Russ.).
4. Sulimenko L. M., *The technology of mineral binding materials and products based on them: a textbook for high schools*, 334 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
5. Grishkovets V. I., Norkin A. S., Yakovishin L. A., Korzh E. N., The effect of sodium phosphates in the curing gypsum process, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5** (4), 262 (2019). (in Russ.).
6. Grishkovets V. I., Norkin A. S., Ostapenko A. D., Yakovishin L. A., Minevich A. A., Influence of sodium polyphosphates on the curing gypsum process, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **6** (1), 262 (2020). (in Russ.).
7. Kabachnik M. I. *Oxyethylenediphosphonic acid* in: Chemical encyclopedic dictionary, 792 p. (Soviet encyclopedia, Moscow, 1983). (in Russ.).

УДК 541.183

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМОГЕННЫХ РАДИОИЗОТОПОВ ^{32}P , ^{33}P ДЛЯ
ИЗУЧЕНИЯ БИОДИНАМИКИ ФОСФОРА В АКВАТОРИИ ГЕРАКЛЕЙСКОГО
ПОЛУОСТРОВА В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД**

*Довгий И. И.¹, Кременчуцкий Д. А.¹, Козловская О. Н.¹, Бежин Н. А.^{1,2},
Хлыстов В. А.¹, Проскурнин В. Ю.³*

¹*ФГБУН ФИЦ Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия*

²*ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия*

³*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия*

E-mail: dovhyi.illarion@yandex.ru

Проведено изучение биодинамики фосфора в прибрежном районе с использованием короткоживущих изотопов ^{32}P и ^{33}P космогенного происхождения в весенний период. Показана эффективность методики извлечения ^{32}P и ^{33}P из морской воды на одной ступени сорбционного концентрирования с добавлением микроколичеств стабильного изотопа как трассера.

Получен профиль объемной активности ^{32}P и ^{33}P в растворенной форме и взвешенном веществе в верхнем перемешанном слое. На основании данных объемной активности ^{32}P и ^{33}P рассчитаны показатели биодинамики фосфора – время обращения ^{32}P и ^{33}P в неорганическую и взвешенную органическую формы.

Ключевые слова: радиоизотопы фосфора, ^{32}P , ^{33}P , морская радиохимия, биодинамика фосфора, бухта Ласпи.

ВВЕДЕНИЕ

Потребление биогенных элементов морскими микроорганизмами может приводить к возникновению дефицита того или иного элемента в морской среде. В таком случае элемент с наибольшим дефицитом определяет биологическую продуктивность экосистемы. Чаще всего компонентом, лимитирующим образование первичной продукции, является фосфор [1].

Одним из немногих инструментов, позволяющих изучать количественные параметры биодинамики фосфора в морской воде, являются короткоживущие изотопы фосфора космогенного происхождения [2]. До сих пор количество работ в этой области, в том числе в отечественной науке невелико. В предыдущей статье [3] нами сообщалось о проведении экспедиционных работ по концентрированию изотопов ^{32}P и ^{33}P из морской воды в ходе 103 рейса НИС «Профессор Водяницкий», определении объемной активности этих изотопов и оценке времени обращения фосфора.

Целью настоящей работы является совершенствование разработанного метода извлечения радионуклидов ^{32}P и ^{33}P из морской воды и определение

количественных параметров биодинамики фосфора в прибрежной зоне Черного моря в весенний период.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы.

Азотная, соляная кислоты, аммиак, хлорид железа (+3), хлорид магния, хлорид аммония (Реахим, Россия) имели квалификацию чда и использовались без очистки. Использовали катионит КУ-2-8 и анионит АВ-17-8 производства ГП «Смолы» (г. Каменское, Украина), нитроцеллюлозные мембранные фильтры «Владисарт» (0.45 мкм размер пор, 47 мм диаметр) г. Владимир, Россия, оксид алюминия активный ТУ 2163-002-25074287-2013, производства НПП «Техпроект», г. Екатеринбург.

Отбор проб морской воды

Работы проводились в ходе 106 рейса НИС «Профессор Водяницкий» (18 апреля – 13 мая 2019 г.) 12 мая 2019 г. в акватории бухты Ласпи. Координаты станции (44°24.781, 33°41.628). Пробы морской воды отбирались погружным насосом (рис. 1, а) производительностью 6 м³ч с горизонтов 3 м (2м³), 12 м (3 м³) 30 м (3 м³) и закачивались в баки объемом 1 м³ (рис. 1, б). Отбиралась проба для определения исходной концентрации растворенного неорганического (DIP) и общего растворенного фосфора (DOP). На стадии закачки воды в бак добавлялась аликвота раствора KH_2PO_4 до концентрации фосфора в морской воде 6–8 мкмоль·л⁻¹. Для установления точной концентрации отбирали пробы.

Извлечение природного фосфора и ^{32}P и ^{33}P из морской воды

Пробы пропускались через систему, состоящую из полипропиленовых картриджей с размером пор 1 мкм для механической очистки воды от взвесей, адсорбера, наполненного гранулированным Al_2O_3 , объем адсорбера 700 мл (высота насыпки 10 дюймов). После пропускания каждые 500 л морской воды отбирали аликвоту для определения концентрации DIP. Эксперименты проводились при скоростях потока равных 6,4–6,7 л·мин⁻¹ (около 10 колоночных объемов в минуту). Схема сорбционного концентрирования изотопов ^{32}P и ^{33}P из морской воды представлена на рис. 2

Степень извлечения стабильного фосфора из морской воды (R) в аликвотах, отобранных каждые 500 л, рассчитывали по формуле (1):

$$R = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где C_0 – исходная концентрация фосфат-иона в морской воде, мкмоль·л⁻¹; C – концентрация фосфат-иона в пробе после сорбента, мкмоль·л⁻¹.

На основании исходных и полученных значений концентраций рассчитывали степень извлечения DIP из морской воды, равную степени извлечения изотопов ^{32}P и ^{33}P .



Рис. 1. Погружной насос для отбора проб морской воды (а) и расположение баков (б) на судне.

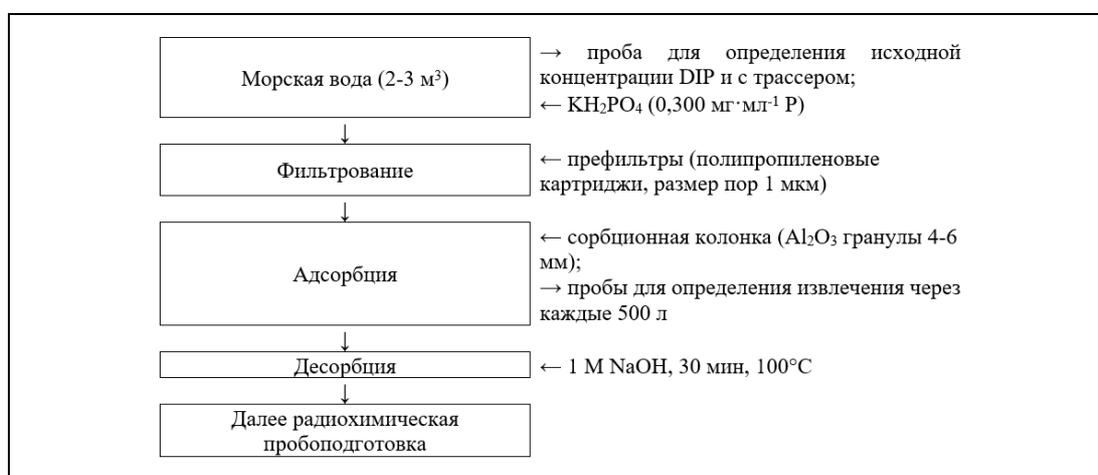


Рис. 2. Схема сорбционного концентрирования изотопов ³²Р и ³³Р из морской воды.

Измерение форм фосфора в морской воде

Определение концентраций растворенного неорганического фосфора (DIP, мкмоль·л⁻¹) и общего растворенного фосфора (TDP, мкмоль·л⁻¹) проводили, используя стандартные методики [4]. Растворенный органический фосфор (DOP, мкмоль·л⁻¹) рассчитывали, как разницу: DOP = TDP – DIP. Концентрацию взвеси определяли по приращению массы фильтров, отнесенной к объему воды, прокаченной через них.

Радиохимическая пробоподготовка

Полипропиленовые картриджи (фильтры механической очистки) озонили при 600 °С в течении 4 часов. Золу растворяли в 8 М HNO₃ + 30 % H₂O₂. Отбиралась аликвота для определения выхода стабильного фосфора.

С картриджем Al₂O₃ фосфор десорбировали кипячением с 480 мл 1 М NaOH в течении 0,5 ч. Раствор отделяли фильтрованием. Добавляли 190 мл конц. HNO₃ и

100 мл конц. NH_3 довели до 800 мл, вносили 6 мг стабильного фосфора в виде KN_2PO_4 для определения выхода, фильтровали, нагревали до кипения. Добавляли 75 мл молибдата аммония ($100 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$) для осаждения $(\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Далее осадок обрабатывали как описано в нашей работе [5]. Схемы радиоаналитической подготовки для получения счетных образцов ^{32}P и ^{33}P из проб морской воды и взвешенного органического вещества опубликованы в [3].

Выход по процессам радиохимической подготовки определяли по стабильному фосфору (2):

$$\eta = \frac{m(P) \cdot 100\%}{m_0(P)}, \quad (2)$$

где $m_0(P)$ – масса внесенного стабильного фосфора, $m(P)$ – масса фосфора в счетном образце.

Измерение ^{32}P и ^{33}P

^{32}P и ^{33}P измеряли на ультранизкофоновом спектрометре Wallac 1220 Quantilus (PerkinElmer). Для ^{32}P и ^{33}P ($E_{\text{max}} > 156 \text{ кэВ}$) эффективность счета обычно выше 95 % [6], неопределенность не превышает 10 %.

Расчет объемной активности ^{33}P ($\text{дпм} \cdot \text{м}^{-3}$), проводили по формуле (3):

$$A(^{33}\text{P}) = \frac{R_{150-450} - R_{ph150-450}}{S \cdot \eta \cdot (1 - \varphi) \cdot e^{-\lambda(^{33}\text{P})t} \cdot V}, \quad (3)$$

где $R_{150-450}$ скорость счета по каналам 150–450; $R_{ph150-450}$ – скорость счета фона по каналам 150–450; η – химический выход; $(1 - \varphi)$ – доля пробы взятая на ЖСС; t – время прошедшее с момента отбора пробы до измерения; $\lambda(^{33}\text{P}) = \ln 2/T_{1/2} = \ln 2/25,3 = 0,0274 \text{ сут}^{-1}$ – константа распада ^{33}P ; V – объем пробы (м^3).

Расчет объемной активности ^{32}P ($\text{дпм} \cdot \text{м}^{-3}$), проводили по формуле (4):

$$A(^{32}\text{P}) = \frac{R_{450-800} - R_{ph450-800}}{S \cdot \eta \cdot (1 - \varphi) \cdot e^{-\lambda(^{32}\text{P})t} \cdot V}, \quad (4)$$

где $R_{450-800}$ скорость счета по каналам 450–800; $R_{ph450-800}$ – скорость счета фона по каналам 450–800; η – химический выход; $(1 - \varphi)$ – доля пробы взятая на ЖСС; t – время прошедшее с момента отбора пробы до измерения; $\lambda(^{32}\text{P}) = \ln 2/T_{1/2} = \ln 2/14,3 = 0,04847 \text{ сут}^{-1}$ – константа распада ^{32}P ; S – степень извлечения фосфора из морской воды; V – объем пробы (м^3).

Расчет количественных характеристик биодинамики фосфора

Время обращения фосфора в неорганическую и взвешенную форму рассчитывали по формуле (5):

$$t = \frac{\ln \frac{R_P}{R_S}}{\lambda_{32} - \lambda_{33}}, \quad (5)$$

где R_P и R_S отношение $^{33}\text{P}/^{32}\text{P}$ в продукте и источнике, соответственно; λ_{32} и λ_{33} – константа радиоактивного распада изотопов ^{32}P и ^{33}P .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее нами сообщалось об использовании гранулированного оксида алюминия для извлечения изотопов ^{32}P , ^{33}P из морской воды [3] и определении параметров биодинамики фосфора в осенний период. Методология, использованная в данной работе, имеет ряд преимуществ, а именно:

– отбор проб производился быстро, в течении 1,5 часов со всех трех горизонтов, благодаря наличию восьми емкостей объемом 1 м^3 , далее проводили сорбционное концентрирование. В это же время выполнялись гидрологические измерения. В то время как в предыдущей работе прокачка морской воды проводилась около 15 часов. Естественно, гидрологические характеристики среды за это время претерпевали значительные изменения. Т.о. полученные данные более точно соответствуют гидрологическим параметрам морской среды на момент отбора проб.

– использование одного адсорбера уменьшило количество проб, для которых необходимо выполнение процедуры радиохимической пробоподготовки и измерения на жидкостно-сцинтилляционном спектрометре. При этом активность изотопов ^{32}P , ^{33}P на втором адсорбере ниже, чем на первом. Т.о. выход стадии концентрирования определяется более точно с использованием природного изотопа, чем по отношению активностей на адсорберах. Это опять же стало возможно при использовании емкостей.

Кроме того, использование проб меньшего объема привело к незначительному увеличению степени извлечения фосфора из морской воды (среднее значение 57 % против 47 % в 2018 г.). При этом уменьшились абсолютные активности ^{32}P и ^{33}P на адсорберах. Несмотря на это очевидно, что принятые изменения в пробоотборе позволяют получить более качественные результаты, уменьшить количество проб для измерения короткоживущих радионуклидов с 9 до 6 на один профиль, построенный по трем горизонтам. Три пробы на ^{32}P и ^{33}P во взвешенном органическом веществе и три пробы на ^{32}P и ^{33}P в морской воде, поскольку исключена необходимость измерения второго адсорбера.

Значения показателей биодинамики, полученные предыдущими исследователями, приведены в табл. 1. Из приведенных данных видно, что значения времени обращения сильно различается для различных форм фосфора, а также географического расположения изучаемого региона.

Измеренные величины концентрации различных форм фосфора приведены в табл. 2 и на рис. 3–4. Они имеют типичный для данного сезона и места отбора проб (поверхностный слой, прибрежный район) характер изменения. Распределение растворенного неорганического и органического фосфора имеет однородный характер. Концентрация общего взвешенного фосфора, как и концентрация взвеси уменьшаются с глубиной. При этом следует отметить высокие значения концентрации взвеси – более $1\text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$.

Таблица 1

Значения времени обращения для различных форм фосфора

Форма фосфора	Время обращения фосфора, дней		Литература
	Прибрежные районы	Открытый океан	
DIP	<1 ч до 10 дней (>1000 д. в Бедфордском бассейне)	От недель до месяцев	[7-17]
Суммарный DOP	От 3 до >90 дней	20-300 дней	[16-23]
Биодоступный DOP (модельные соединения)	2-30 дней	1-4 дня	[15-16, 24-25]
Микропланктон (<1 мкм)	>1-3 дней	Не определено	[17]
Фитопланктон (>1 мкм)	<1-8 дней	<1 недели	[17, 26]
Зоопланктон (>280 мкм)	14-40 дней	30-80 дней	[17, 20-21, 26-27]

Таблица 2

Значения концентрации различных форм фосфора

Горизонт	DIP, мкмоль·л ⁻¹	TDP, мкмоль·л ⁻¹	DOP, мкмоль·л ⁻¹	TSP, мкмоль·л ⁻¹	Концентрация взвеси, мг·л ⁻¹
3	0,06	0,27	0,21	0,12	2,03
12	0,05	0,26	0,22	0,09	1,53
30	0,05	0,27	0,22	0,08	1,14

Значения объемной активности изотопов ^{32}P и ^{33}P в растворенной и во взвешенной форме представлены в табл. 3 и на рис. 5, 6. Значения объемной активности ^{32}P и ^{33}P в растворенной форме соотносятся с многочисленными литературными данными [17], в тоже время как полученные значения объемной активности во взвешенной форме ^{32}P и ^{33}P превышают литературные. Это связано с тем, что отбор проб в этих работах осуществлялся в открытой части океана, в которой концентрация взвешенного органического вещества на порядок ниже. С другой стороны, в ряде работ [17, 26] для определения активности ^{32}P и ^{33}P во взвешенной форме использовали отдельные фракции (фито- и зоопланктон). В нашей работе мы отделяли взвешенное вещество размером более 1 мкм. Активности ^{32}P и ^{33}P во взвешенном веществе соответствует суммарной активности отдельных фракций по литературным данным.

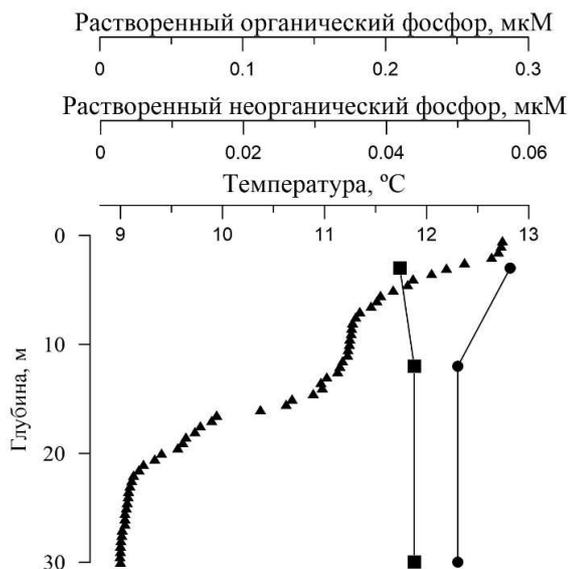


Рис. 3. Значения концентраций растворенного органического фосфора (DOP, ■), растворенного неорганического фосфора (DIP, ●) и температуры (▲) для горизонтов 3, 12 и 30 м.

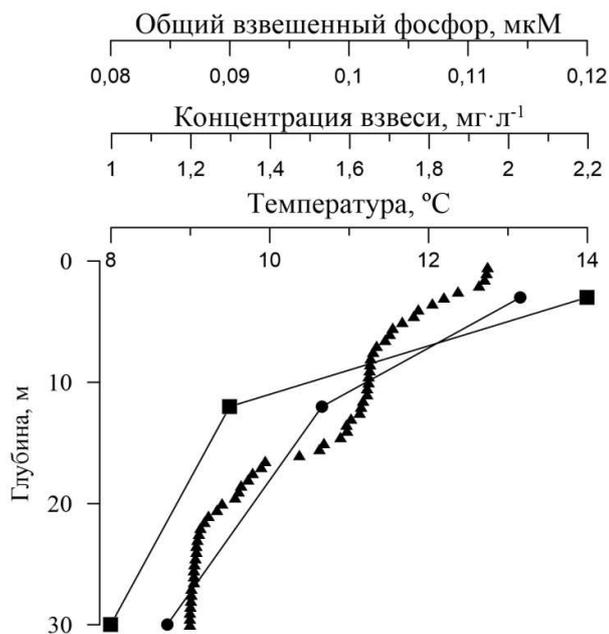
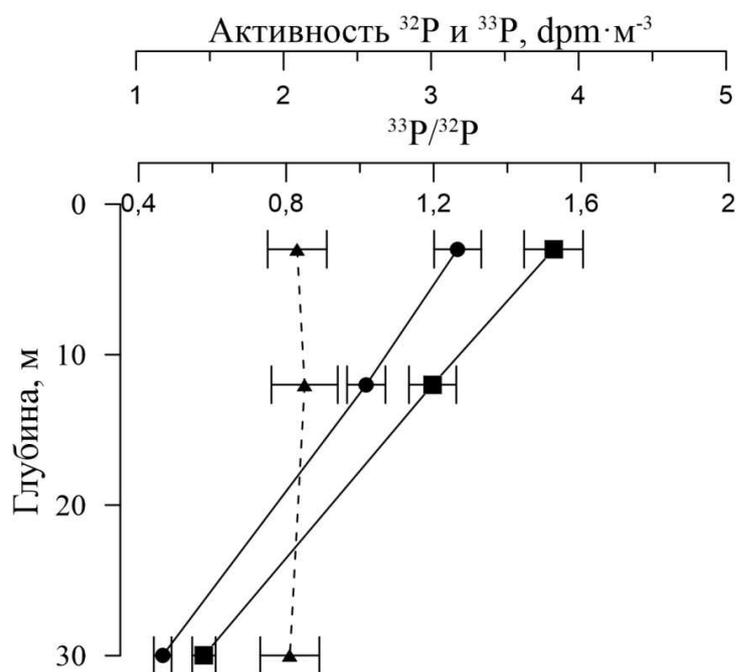


Рис. 4. Значения концентраций общего взвешенного фосфора (TSP, ■), взвешенного органического вещества (●) и температуры (▲) для горизонтов 3, 12 и 30 м.

Таблица 3

 Значения объемной активности изотопов ^{32}P и ^{33}P

Горизонт	Растворенная форма				Взвешенная форма		
	S, %	A(^{33}P), dpm·м ⁻³	A(^{32}P), dpm·м ⁻³	$^{33}\text{P}/^{32}\text{P}$	A(^{33}P), dpm·м ⁻³	A(^{32}P), dpm·м ⁻³	$^{33}\text{P}/^{32}\text{P}$
3	51,2	3,18± 0,16	3,83± 0,2	0,83± 0,08	1,08±0,05	0,93± 0,05	1,16± 0,12
12	59,5	2,56± 0,13	3,01± 0,16	0,85± 0,09	0,80±0,04	0,70± 0,04	1,15± 0,12
30	63,1	1,18± 0,06	1,46± 0,08	0,81± 0,08	0,56±0,03	0,47± 0,03	1,18± 0,12


 Рис. 5. Значения объемной активности ^{32}P (■) и ^{33}P (●) и отношения $^{33}\text{P}/^{32}\text{P}$ (▲) в морской воде для горизонтов 3, 12 и 30 м.

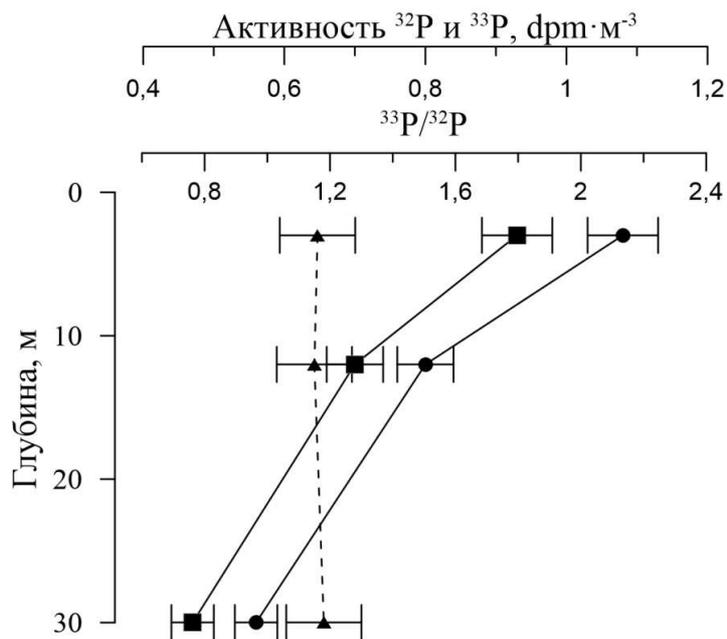


Рис. 6. Значения объемной активности ^{32}P (■) и ^{33}P (●) и отношения $^{33}\text{P}/^{32}\text{P}$ (▲) во взвешенном органическом веществе (б) для горизонтов 3, 12 и 30 м.

На основании данных отношения $^{33}\text{P}/^{32}\text{P}$ в морской воде на различных горизонтах и в источнике – атмосферных выпадениях в сентябре месяце (0,77), по формуле (6) были рассчитаны значения времени обращения фосфора в неорганическую форму, равное $3,5 \pm 1,1$ дня. Из значений $^{33}\text{P}/^{32}\text{P}$ во взвеси и источнике – морской воде по формуле (6) были рассчитаны значения времени обращения фосфора в взвешенную органическую форму, равное $16,0 \pm 1,8$ дней. Результаты для весеннего периода выше, чем полученные ранее для осеннего, и согласуются с величинами, полученными в работе [17] для данного времени года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Усовершенствована методика извлечения изотопов ^{32}P и ^{33}P из морской воды. Предложено сорбционное извлечение на одной сорбционной ступени с добавлением микроколичеств дигидрофосфата калия как трассера извлечения фосфора из морской воды.
2. Определены объемные активности ^{32}P и ^{33}P в растворенной и взвешенной формах, а также отношение $^{33}\text{P}/^{32}\text{P}$ для различных горизонтов отбора проб морской воды.
3. Рассчитано время обращение фосфора в неорганическую и взвешенную органическую форму. Показано, что время обращения фосфора в весенний период выше, чем в осенний для данной области.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и города Севастополь в рамках научного проекта № 18-43-920005 р_а, а также государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации (тема «Прибрежные исследования» № 0827-2020-0004) и «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем», номер гос. регистрации АААА-А18-118020890090-2.

Список литературы

1. Савенко В. С. Геохимия фосфора в глобальном гидрохимическом цикле / В. С. Савенко, А. В. Савенко. – М.: ГЕОС, 2007. – 248 с.
2. Ruttенberg K. C. The Global Phosphorus Cycle / K. C. Ruttенberg // Treatise on Geochemistry (Second Edition). – 2004. – Vol. 10. – P. 499–558.
3. Довгий И. И. Изучение биодинамики фосфора в акватории Гераклеийского полуострова с использованием изотопов ^{32}P , ^{33}P / И. И. Довгий, Д. А. Кременчущкий, О. Н. Козловская [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 1. – С. 221–233.
4. РД 52.10.738-2010. Массовая концентрация фосфатов в морских водах. – М.: ОАО ФООП, 2010. – 27 с.
5. Dovhyi I. I. Atmospheric Depositional Fluxes of Cosmogenic ^{32}P , ^{33}P and ^7Be in the Sevastopol Region / I. I. Dovhyi, D. A. Kremenchutskii, V. Yu. Proskurnin [et al.] // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2017. – Vol. 314, No. 3. – P. 1643–1652.
6. Chen M. Determination of cosmogenic ^{32}P and ^{33}P in environmental samples / M. Chen, Z. Yang, L. Zhang [et al.] // Acta Oceanologica Sinica. – 2013. – Vol. 32, No. 6. – P. 18–25.
7. Pomeroy L. R. The exchange of phosphate between estuarine water and sediments / L. R. Pomeroy, E. E. Smith, C. M. Grant // Limnology and Oceanography. – 1965. – Vol. 10, No. 2. – P. 167–172.
8. Duerden C. F. Aspects of Phytoplankton Production and Phosphate Exchange in Bedford Basin, Nova Scotia. PhD Thesis / C. F. Duerden. – Halifax: Dalhousie University, 1973. – 242 p.
9. Taft J. L. Uptake and release of phosphorus by phytoplankton in the Chesapeake Bay, USA / J. L. Taft, W. R. Taylor, J. J. McCarthy // Marine Biology. – 1975. – Vol. 33. – P. 21–32.
10. Harrison W. G. Some experiments on phosphate assimilation by coastal marine plankton / W. G. Harrison, F. Azam, E. H. Renger [et al.] // Marine Biology. – 1977. – Vol. 40. – P. 9–18.
11. Perry M. J. Phosphate uptake by phytoplankton in the central North Pacific Ocean / M. J. Perry, R. W. Eppley // Deep Sea Research. – 1981. – Vol. 28. – P. 39–49.
12. Smith R. E. Phosphorus exchange in marine microplankton communities near Hawaii / R. E. Smith, W. G. Harrison, L. Harris // Marine Biology. – 1985. – Vol. 86. – P. 75–84.
13. Sorokin Y. I. Phosphorus metabolism in planktonic communities of the eastern tropical Pacific Ocean / Y. I. Sorokin // Marine Ecology Progress Series. – 1985. – Vol. 27. – P. 87–97.
14. Harrison W. G. Isotope-dilution and its effects on measurements of nitrogen and phosphorus uptake by oceanic microplankton / W. G. Harrison, L. R. Harris // Marine Ecology Progress Series. – 1986. – Vol. 27. – P. 253–261.
15. Björkman K. Bioavailability of inorganic and organic P compounds to natural assemblages of microorganisms in Hawaiian coastal waters / K. Björkman, D. M. Karl // Marine Ecology Progress Series. – 1994. – Vol. 111. – P. 265–273.
16. Björkman K. A novel method for the measurement of dissolved adenosine and guanosine triphosphate in aquatic habitats: Applications to marine microbial ecology / K. Björkman, D. M. Karl // Journal of Microbiological Methods. – 2001. – Vol. 47. – P. 159–167.
17. Benitez-Nelson C. R. Variability of inorganic and organic phosphorus turnover rates in the coastal ocean / C. R. Benitez-Nelson, K. O. Buesseler // Nature. – 1999. – Vol. 398. – P. 502–505.
18. Jackson G. A. Importance of dissolved organic nitrogen and phosphorus to biological nutrient cycling / G. A. Jackson, P. M. Williams // Deep Sea Research. – 1985. – Vol. 32. – P. 223–235.

19. Orrett K. Dissolved organic phosphorus production in surface waters / K. Orrett, D. M. Karl // *Limnology and Oceanography*. – 1987. – Vol. 32. – P. 383–395.
20. Lal D. Cosmogenic ^{32}P and ^{33}P used as tracers to study phosphorus recycling in the upper ocean / D. Lal, T. Lee // *Nature*. – 1988. – Vol. 333. – P. 752–754.
21. Lee T. Techniques for extraction of dissolved inorganic and organic phosphorus from large volumes of sea water / T. Lee, D. Lal // *Analytica Chimica Acta*. – 1992. – Vol. 260, No. 1. – P. 113–121.
22. Karl D. M. Partial characterization of the dissolved organic phosphorus pool in the oligotrophic North Pacific Ocean / D. M. Karl, K. Yanagi // *Limnology and Oceanography*. – 1997. – Vol. 4. – P. 1398–1405.
23. Benitez-Nelson C. R. Phosphorus cycling in the North Pacific Subtropical Gyre using cosmogenic ^{32}P and ^{33}P / C. R. Benitez-Nelson, D. M. Karl // *Limnology and Oceanography*. – 2002. – Vol. 47. – P. 762–770.
24. Ammerman J. W. Bacterial 50-nucleotidase activity in estuarine and coastal marine waters: Role in phosphorus regeneration / J. W. Ammerman, F. Azam // *Limnology and Oceanography*. – 1985. – Vol. 36. – P. 1437–1447.
25. Nawrocki M. P. Dissolved ATP turnover in the Bransfield Strait, Antarctica during the spring bloom / M. P. Nawrocki, D. M. Karl // *Marine Ecology Progress Series*. – 1989. – Vol. 57. – P. 35–44.
26. Waser N. A. D. Natural activities of ^{32}P and ^{33}P and the ratio in suspended particulate matter and plankton in the Sargasso Sea / N. A. D. Waser, M. P. Bacon, A. F. Michaels // *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. – 1996. – Vol. 43, No. 2–3. – P. 421–436.
27. Lee T. Studies of vertical mixing in the Southern California Bight with cosmogenic radionuclides ^{32}P and ^{7}Be . / T. Lee, E. Barg, D. Lal // *Limnology and Oceanography*. – 1991. – Vol. 36, No. 5. – P. 1044–1052.

COSMOGENIC ISOTOPES $^{32},^{33}\text{P}$ IN THE SPRING BIODYNAMICS OF PHOSPHORUS STUDIES IN THE AQUATORIA OF THE HERACLEIC PENINSULA

*Dovhyi I. I.¹, Kremenchutskii D. A.¹, Kozlovskaja O. N.¹, Bezhin N. A.², Hlystov V. A.,
Proskurnin V. Yu.³*

¹*Marine Hydrophysical Institute of RAS, Sevastopol, Russia*

²*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

³*The A. O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russia*

E-mail: hung.hoangviet191290@gmail.com

The spring phosphorus biodynamics in the coastal region using ^{32}P and ^{33}P short-lived cosmogenic isotopes was studied. The methodology of ^{32}P and ^{33}P isotopes extraction from seawater was improved. The use of smaller samples led to a slight increase in the degree of phosphorus extraction from seawater (average 57 % versus 47 %). At the same time, the absolute activities of ^{32}P and ^{33}P on adsorbers decreased. Despite this, it is obvious that the adopted changes in sampling allow to obtain better results, reduce the number of samples for measuring short-lived radionuclides. Thus, the efficiency of the method for extracting from sea water at one stage sorption concentration with the addition of microquantities of the stable isotope as a tracer is shown.

The profile of ^{32}P and ^{33}P specific activity in the dissolved form and suspended matter in the upper mixed layer was obtained. $^{32}\text{P}/^{33}\text{P}$ ratio also was assessed for various depths of the upper mixed layer. Based on the data of ^{32}P and ^{33}P specific activity, the phosphorus biodynamics indicators – the time of conversion of ^{32}P and ^{33}P into inorganic and

particulate organic forms—were calculated. It was revealed that the time of phosphorus conversion in spring is higher than in the fall in this region.

Keywords: radioisotopes of phosphorus, ^{32}P , ^{33}P , marine radiochemistry, biodynamic of phosphorus, Laspi bay.

References

1. Savenko V. S., Savenko A. V. *Geochemistry of phosphorus in the global hydrochemical cycle*, 248 (GEOS, Moscow, 2007). (in Russ.).
2. Ruttenger K. C., *The Global Phosphorus Cycle, Treatise on Geochemistry (Second Edition)*, **10**, 499 (2004).
3. Dovhyi I. I., Kremenchutskii D. A., Kozlovskaya O. N. [et al.], The study of phosphorus biodynamics in the water area of the Heracles Peninsula using ^{32}P , ^{33}P isotopes, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5 (71)**, **1**, 221 (2019).
4. Guidance document 52.10.738-2010. *Mass concentration of phosphates in sea waters*, 27 (JSC FOP, Moscow, 2010). (in Russ.).
5. Dovhyi I. I., Kremenchutskii D. A., Proskurnin V. Yu. [et al.], Atmospheric Depositional Fluxes of Cosmogenic ^{32}P , ^{33}P and ^7Be in the Sevastopol Region, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, **314**, **3**, 1643 (2017).
6. Chen M., Yang Z., Zhang L. [et al.], Determination of cosmogenic ^{32}P and ^{33}P in environmental samples, *Acta Oceanologica Sinica*, **32**, **6**, 18 (2013).
7. Pomeroy L. R., Smith E. E., Grant C. M., The exchange of phosphate between estuarine water and sediments, *Limnology and Oceanography*, **10**, **2**, 167 (1965).
8. Duerden C. F., *Aspects of Phytoplankton Production and Phosphate Exchange in Bedford Basin, Nova Scotia*, PhD Thesis, 242 (Dalhousie University, Halifax, 1973).
9. Taft J. L., Taylor W. R., McCarthy J. J., Uptake and release of phosphorus by phytoplankton in the Chesapeake Bay, USA, *Marine Biology*, **33**, 21 (1975).
10. Harrison W. G., Azam F., Renger E. H. [et al.], Some experiments on phosphate assimilation by coastal marine plankton, *Marine Biology*, **40**, 9 (1977).
11. Perry M. J., Eppley R. W., Phosphate uptake by phytoplankton in the central North Pacific Ocean, *Deep Sea Research*, **28**, 39 (1981).
12. Smith R. E., Harrison W. G., Harris L. Phosphorus exchange in marine microplankton communities near Hawaii, *Marine Biology*, **86**, 75 (1985).
13. Sorokin Y. I., Phosphorus metabolism in planktonic communities of the eastern tropical Pacific Ocean, *Marine Ecology Progress Series*, **27**, 87 (1985).
14. Harrison W. G., Harris L. R. Isotope-dilution and its effects on measurements of nitrogen and phosphorus uptake by oceanic microplankton, *Marine Ecology Progress Series*, **27**, 253 (1986).
15. Björkman K., Karl D. M., Bioavailability of inorganic and organic P compounds to natural assemblages of microorganisms in Hawaiian coastal waters, *Marine Ecology Progress Series*, **111**, 265 (1994).
16. Björkman K., Karl D. M., A novel method for the measurement of dissolved adenosine and guanosine triphosphate in aquatic habitats: Applications to marine microbial ecology, *Journal of Microbiological Methods*, **47**, 159 (2001).
17. Benitez-Nelson C. R., Buesseler K. O. Variability of inorganic and organic phosphorus turnover rates in the coastal ocean, *Nature*, **398**, 502 (1999).
18. Jackson G. A., Williams P. M., Importance of dissolved organic nitrogen and phosphorus to biological nutrient cycling, *Deep Sea Research*, **32**, 223 (1985).
19. Orrett K., Karl D. M. Dissolved organic phosphorus production in surface waters, *Limnology and Oceanography*, **32**, 383 (1987).
20. Lal D., Lee T., Cosmogenic ^{32}P and ^{33}P used as tracers to study phosphorus recycling in the upper ocean, *Nature*, **333**, 752 (1988).
21. Lee T., Lal D., Techniques for extraction of dissolved inorganic and organic phosphorus from large volumes of sea water, *Analytica Chimica Acta*, **260**, **1**, 113 (1992).

22. Karl D. M., Yanagi K., Partial characterization of the dissolved organic phosphorus pool in the oligotrophic North Pacific Ocean, *Limnology and Oceanography*, **4**, 1398 (1997).
23. Benitez-Nelson C. R., Karl D. M., Phosphorus cycling in the North Pacific Subtropical Gyre using cosmogenic ³²P and ³³P, *Limnology and Oceanography*, **47**, 762 (2002).
24. Ammerman J. W., Azam F., Bacterial 50-nucleotidase activity in estuarine and coastal marine waters: Role in phosphorus regeneration, *Limnology and Oceanography*, **36**, 1437 (1985).
25. Nawrocki M. P., Karl D. M., Dissolved ATP turnover in the Bransfield Strait, Antarctica during the spring bloom, *Marine Ecology Progress Series*, **57**, 35 (1989).
26. Waser N. A. D., Bacon M. P., Michaels A. F. Natural activities of ³²P and ³³P and the ratio in suspended particulate matter and plankton in the Sargasso Sea, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, **43**, 2–3, 421 (1996).
27. Lee T., Barg E., Lal D., Studies of vertical mixing in the Southern California Bight with cosmogenic radionuclides ³²P and ⁷Be, *Limnology and Oceanography*, **36**, 5, 1044 (1991).

УДК 372.854+374.31+378.1

ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В РАБОТЕ ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЫ «ШКОЛА ЮНОГО ХИМИКА»

Сарнит Е. А., Цикалова В. Н., Цикалов В. В., Нетреба Е. Е.

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

В статье представлены химические аспекты организации и проведения учебных занятий в профильной школе «Школа юного химика», организованной на факультете биологии и химии Таврической академии Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Показано, что наиболее эффективной формой проведения занятий являются лабораторно-исследовательские работы, которые включают в себя теоретическую и экспериментальную часть, заканчивающуюся обсуждением полученных результатов. Выполнена систематизация накопленных с 2014 г. данных по работе профильной школы в отношении тем лабораторно-исследовательских занятий, методики их проведения; представлены статистические данные по числу абитуриентов из числа слушателей школы, поступивших на специальности химического профиля Крымского федерального университета.

Ключевые слова: профессиональная ориентация, профильные школы, обучение химии, химический эксперимент, внешкольное образование, организация учебной работы, получение образования в группах.

ВВЕДЕНИЕ

Работа профильной школы позволяет реализовать практико-ориентированную направленность общего среднего образования согласно Федеральному государственному образовательному стандарту [1] и Федеральному закону об образовании в Российской Федерации [2]. В части требований к результатам освоения базового курса химии школьники должны показать: «владение основными методами научного познания, используемыми в химии: наблюдение, описание, измерение, эксперимент; умение обрабатывать, объяснять результаты проведенных опытов и делать выводы; готовность и способность применять методы познания при решении практических задач» и «владение правилами техники безопасности при использовании химических веществ». Достижение этих результатов невозможно без лабораторных занятий по химии, в свою очередь лабораторные занятия обеспечивают практико-ориентированность дисциплины и формирование интереса к процессам, протекающим в окружающем мире.

Основная цель работы «Школы юного химика»: помощь учащимся в формировании устойчивого интереса к предмету, расширение кругозора и знаний, выявление межпредметных связей, овладение навыками экспериментальной работы, что важно для профориентации учащихся и формирования у них осознанного выбора профессии. Профильная школа формирует профессиональные интересы

учащихся на основе познавательного интереса, акцентирует внимание учащихся на профориентационном содержании учебного предмета «Химия», раскрывает связь учебного материала с жизнью и хозяйственной деятельностью человека, показывает возможности химии в решении актуальных проблем, знакомит с основами химического производства [3, 4].

Химия как учебный предмет вносит существенный вклад в воспитание и развитие обучающихся; она даёт школьникам основы химических знаний, необходимых в повседневной жизни, закладывает фундамент для дальнейшего совершенствования полученных знаний, а также учит безопасному поведению в окружающей среде и бережному к ней отношению [5]. Химия является наукой не только теоретической, но и экспериментальной. Химический эксперимент позволяет развить интерес к химии, углубить знания и представления об окружающей нас материи, сформировать навыки необходимые для самостоятельной и творческой работы. Химический эксперимент придает особую специфику изучения химии, позволяющий связать теорию с практикой и как следствие сформировать соответствующие компетенции.

Цель данной работы: определение наиболее эффективных форм проведения занятий по химии в профильной школе по профилям «неорганическая химия и анализ объектов окружающей среды», «органическая и биоорганическая химия» и оценка эффективности работы профильной школы путём сравнения статистических данных по числу абитуриентов из числа слушателей школы, поступивших на специальности химического профиля Крымского федерального университета.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пример лабораторно-исследовательской работы по профилю «неорганическая химия»: «Анализ объектов окружающей среды: определение общей жесткости воды, взятой из различных источников (водопроводной; природной речной или озерной воды; профильтрованной через бытовой фильтр и пр.)»

Цель работы: определить общую жёсткость взятой для анализа воды.

Задачи работы:

1. ознакомиться с основами титриметрического метода анализа;
2. провести определение общей жесткости воды комплексонометрическим методом;
3. оценить эффективность использования бытовых фильтров для удаления солей жесткости.

Теоретический аспект:

Жесткость воды обусловлена присутствием в ней растворимых солей кальция, магния и железа(II). Жесткость воды бывает карбонатная (временная) и некарбонатная (постоянная). Карбонатная жесткость обусловлена присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, данный вид жесткости можно устранить кипячением. Некарбонатная (постоянная) жесткость обусловлена присутствием в воде хлоридов, нитратов, сульфатов и пр. солей кальция, магния и железа(II). Жесткость воды также разделяют на кальциевую и магниевую. Жесткости в

1 ммоль-экв/л соответствует содержанию 20,04 мг катионов Ca^{2+} или 12,16 мг катионов Mg^{2+} в 1 л воды.

Согласно ГОСТ 31865-2012 «Вода. Единица жесткости» жесткость питьевой воды в Российской Федерации выражают в градусах жесткости ($^{\circ}\text{Ж}$), что соответствует ммоль-экв/л [6].

ГОСТ 31865-2012 введен в действие в качестве национального стандарта с января 2018 г:

- мягкой воде соответствует общая жёсткость $< 2^{\circ}\text{Ж}$;
- вода средней жёсткости имеет общую жёсткость $2-10^{\circ}\text{Ж}$;
- жёсткая вода: общая жесткость более 10°Ж .

Согласно СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» у питьевой водопроводной воды общая жесткость должна быть $\leq 7^{\circ}\text{Ж}$ (в отдельных случаях допускается жесткость $\leq 10^{\circ}\text{Ж}$) [7].

Ход определения общей жесткости воды:

1. Отмерить градуированной пипеткой или мерной колбой 100 мл исследуемой воды и перенести в коническую колбу для титрования, прилить 3–5 мл аммиачного буферного раствора и добавить несколько кристаллов индикатора – эриохрома черного Т, который с ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} образует комплексы красно-малинового цвета. Титрование проводят в щелочной среде с использованием аммиачного буферного раствора для связывания ионов H^{+} .

2. Раствор медленно титруют раствором трилона Б до изменения окраски раствора с красно-малиновой на синевато-серую, что свидетельствует о том, что все ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} связаны с трилоном Б. Перед концом титрования титрант добавляют медленно, чтобы реакция образования комплекса успела пройти. Раствор считают оттитрованным верно, если окрашивание не исчезает в течение 30 с.

3. Титрование повторяют еще два раза и рассчитывают средний объем раствора трилона Б, пошедшего на титрование, и общую жесткость воды по следующим формулам:

$$V_{\text{ТБ}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3} \quad (1); \quad \text{Ж}_{\text{общ}} = \frac{N_{\text{ТБ}} \cdot V_{\text{ТБ}}}{V(\text{H}_2\text{O})} \cdot 1000 \quad (2),$$

где $V_{\text{ТБ}}$ – средний объем раствора трилона Б (мл),

израсходованный на титрование 100 мл исследуемой воды (мл);

$N_{\text{ТБ}}$ – нормальность раствора трилона Б (ммоль-экв/л);

$V(\text{H}_2\text{O})$ – объем исследуемой воды (мл);

$\text{Ж}_{\text{общ}}$ – общая жёсткость воды (ммоль-экв/л)

4. Прodelать то же самое для талой воды либо для воды из открытого водоёма. Проанализировать полученные результаты, сравнив общую жесткость воды, взятой из различных источников либо воды до фильтрования и воды, пропущенной через фильтр, устраняющий соли жесткости. Полученные данные по анализу воды сводят в единую таблицу и делают заключение о пригодности анализируемой воды для хозяйственной деятельности человека и об эффективности работы бытовых

фильтров, сравнивая полученные результаты с действующими ГОСТами и требованиями СанПиН.

Пример лабораторно-исследовательской работы по профилю «органическая и биоорганическая химия»: «Жиры, их физические и химические свойства (растворимость в различных растворителях, определение степени ненасыщенности жиров)».

Цель работы:

1. Изучить физико-химические особенности жиров и эмульсий на их основе.
2. Выявить общие закономерности поведения жиров и объяснить их (участвуют две группы).
3. Сфотографировать содержимое пробирок до и после опытов, объяснить происходящее (участвуют две группы учащихся).

Опыт № 1. Растворимость липидов и образование эмульсии.

Теоретический аспект: Характерным свойством жиров является их хорошая растворимость во многих органических растворителях (ацетон, хлороформ, диэтиловый эфир) и нерастворимость в воде. При смешивании жиров с водой образуются эмульсии, стойкость которых зависит от среды, в которой она образуется. Наличие в воде веществ – эмульгаторов (мыла, желчные кислоты, карбонаты) делает эмульсии более стойкими. Образование эмульсий обусловлено тем, что в поверхностный водный слой, окружающий жировые капельки, устремляются поверхностно-активные частицы желчных кислот, мыла, карбоната, которые обволакивают капельки жира и препятствуют их слиянию.

Материалы, реактивы и оборудование: Растительное масло, спирт, бензол, хлороформ, 1 %-ный раствор Na_2CO_3 . Штатив с пробирками, капельницы, пипетки.

Ход работы. В четыре пробирки помещают по 0,2 мл растительного масла, затем в первую добавляют 3 мл воды, во вторую – 3 мл спирта, в третью – 3 мл бензола, в четвертую – 5 мл хлороформа. Содержимое всех пробирок энергично встряхивают. В первой пробирке масло и вода быстро разделяются на два слоя, во второй – образуется мутный раствор вследствие недостаточной растворимости масла в спирте, в третьей и четвертой образуются прозрачные растворы.

В две пробирки вносят по несколько капель масла. В одну из них добавляют 2 мл воды, в другую – 2 мл раствора Na_2CO_3 . Содержимое пробирок интенсивно встряхивают.

Наблюдения: Учащиеся наблюдают образование двух смешанных жидкостей разных плотностей в виде эмульсии. Отмечают различия в стойкости эмульсий в двух пробирках. Делают вывод об устойчивости эмульсии и причинах её возникновения.

Опыт № 2. Выявление ненасыщенности липидов.

Теоретический аспект: Жиры растительного происхождения содержат большее количество остатков ненасыщенных жирных кислот, чем жиры животного происхождения. Различная степень непредельности липидов может быть выявлена на примере насыщения бромом сливочного или подсолнечного масел.

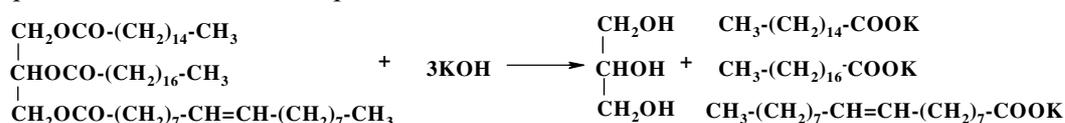
Материалы, реактивы и оборудование. Раствор сливочного масла в хлороформе, раствор подсолнечного масла в хлороформе, насыщенная бромная вода (5 г брома с 100 мл воды в колбе с притертой пробкой встряхивают под вытяжкой, изредка приоткрывая пробку для удаления скопившихся паров брома). Штатив с пробирками, пипетки, капельницы.

Ход работы. В одну пробирку вносят 1 мл раствора подсолнечного масла в хлороформе, в другую – 1 мл сливочного масла в хлороформе. Затем в каждую пробирку вливают по каплям бромную воду до прекращения обесцвечивания. Фиксируют количество бромной воды, добавленной в каждую из пробирок.

Наблюдения: Учащиеся видят скорость обесцвечивания бромной воды в зависимости от типа жира. Делают вывод о количестве кратных связей в остатках кислот разных жиров.

Опыт № 3. Омыление жира.

Теоретический аспект: Жиры под влиянием щелочей гидролизуются с образованием мыла и глицерина



Материалы, реактивы и оборудование. Растительное масло, 50 %-ный спиртовой раствор KOH. Колба емкостью 50 мл, пипетки, газовая горелка.

Ход работы. В колбу с 1 мл растительного масла добавляют 20 мл спиртового раствора KOH, содержимое перемешивают и кипятят в течение 60 мин. После омыления раствор разводят до объема 20 мл дистиллированной водой, и таким образом получают раствор калиевого мыла (калиевых солей жирных кислот). Полученный раствор используется для дальнейшей работы.

Опыт № 4. Образование свободных жирных кислот.

Теоретический аспект: При добавлении к мылу концентрированной соляной кислоты образуются свободные жирные кислоты



Материалы, реактивы и оборудование. Раствор калиевого мыла (используют полученный ранее при омылении жира), концентрированная HCl. Пробирки, пипетки.

Ход работы. В пробирку с 2 мл раствора калиевого мыла добавляют 0,5 мл концентрированной HCl.

Наблюдения: Учащиеся наблюдают в верхней части содержимого пробирки мутный слой. Делается вывод, о том, что образующиеся жирные кислоты нерастворимы в воде, легче ее, поэтому и образуют верхний слой.

Опыт № 5. Образование нерастворимых кальциевых мыл.

Теоретический аспект: При добавлении к раствору калиевого мыла раствора солей кальция образуются нерастворимые в воде соли жирных кислот.



Материалы, реактивы и оборудование. Раствор калиевого мыла (используют полученный ранее при омылении жира), 5 %-ный раствор CaCl_2 . Пробирки, пипетки.

Ход работы. В пробирку с 2 мл раствора калиевого мыла вносят 1 мл раствора CaCl_2 .

Наблюдения: Учащиеся наблюдают образование хлопьевидного осадка. Делается вывод о нерастворимости кальциевых мыл.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках профориентационной работы на факультете биологии и химии Таврической академии организована профильная школа «Школа юного химика», которая предполагает привлечение в структурные подразделения Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского школьников, ориентированных на специальности химического профиля, к которым относятся следующие: в Таврической академии – химия (04.03.01), экология и природопользование (05.03.06), биология (06.03.01); в Медицинской академии – лечебное дело (31.05.01), педиатрия (31.05.02), стоматология (31.05.03), фармация (33.05.01); в Академии биоресурсов и природопользования – продукты питания из растительного сырья (19.03.02), продукты питания животного происхождения (19.03.03), агрономия (35.03.04), ветеринария (36.05.01); в Академии строительства и архитектуры – природообустройство и водопользование (20.03.02).

Преподаватели факультета биологии и химии в рамках работы данной школы сотрудничают с руководством секции «химии» Государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного образования Республики Крым «Эколого-биологический центр» (г. Симферополь, <http://eco-kids-crimea.ru/>). На базе этого учреждения проходят теоретические занятия по химии, практические занятия, посвященные решению расчетных и качественных задач; но проведение регулярных лабораторных занятий для центра не представляется возможным, а университет, в свою очередь, располагает необходимым оборудованием, химической посудой и реактивами, лабораториями и квалифицированными кадрами, заинтересованными в потенциальных студентах. При проведении занятий используются разнообразные формы организации и методы обучения: практические, лабораторные и лабораторно-исследовательские работы, отмечается необходимость соблюдения правил техники безопасности при выполнении химического эксперимента; происходит знакомство с особенностями работы фармацевта, химика и эколога.

На базе профиля «неорганическая химия и анализ объектов окружающей среды» организованы и проведены интерактивные формы работы с обучающимися 9 и 11 классов. К таким формам относятся лабораторно-исследовательские работы и анализ конкретных ситуаций. Лабораторно-исследовательские работы охватывают тематики, относящиеся к основной школьной программе по разделу «общей и неорганической химии» [8], но изучающие их более глубоко, а также исследовательские работы с такими природными объектами как вода, почва и минералы. Эти работы расширяют химический кругозор школьников, знакомят с методиками исследования природных материалов в лабораторных условиях.

За время работы школы удалось выбрать наиболее актуальные и интересные темы занятий для школьников.

По профилю «неорганическая химия и анализ объектов окружающей среды» разбираются следующие темы:

- Качественные реакции на катионы металлов и анионы кислот.
- Определение временной и общей жесткости воды, взятой из различных источников (водопроводной; природной речной или озерной воды; профильтрованной через бытовой фильтр и т. п.).
- Скорость химической реакции и факторы на нее влияющие. Химическое равновесие. Факторы, влияющие на смещение химического равновесия.
- Кислород, его получение в лаборатории, физические и химические свойства. Качественная реакция на озон. Перекись водорода (получение, окислительно-восстановительные свойства).
- Химические и физические свойства серы. Химические свойства серной кислоты.
- Азот его физические и химические свойства. Аммиак. Соли аммония, их свойства. Азотная кислота и ее свойства.
- Фосфор, его физические и химические свойства. Фосфорная кислота.
- Щелочные и щелочноземельные металлы.
- Алюминий, его физические и химический свойства. Свойства соединений алюминия. Качественные реакции на катионы алюминия.
- Железо, его физические и химические свойства. Качественные реакции на катионы железа (2+) и (3+).

В разделе «Материалы и методы» представлен пример работы лабораторно-исследовательской работы по анализу объектов окружающей среды на примере определения различных видов жёсткости воды, взятой из различных природных источников и очищенной воды, пропущенной через бытовой фильтр.

По итогам каждого занятия разбираются вопросы, связанные с выполненной работой, например, в конце занятия на определение жесткости воды обсуждаются следующие вопросы: что нового школьники узнали о методах анализа природных объектов; какие для этого могут быть использованы качественные и количественные методы; оценивают эффективность очистки воды с использованием бытовых фильтров; почему в жёсткой воде моющие средства утрачивают свою эффективность и тому подобное. Для формирования устойчивого интереса к предмету, расширения кругозора и углубления знаний в качестве домашнего задания предлагается освоить тему: «Жёсткость воды, её виды. Единицы выражения жёсткости воды, связь между ними. Методы устранения различных видов жёсткости воды».

По профилю «органическая и биоорганическая химия» разбираются следующие темы:

- Качественный анализ органических соединений.
- Свойства кислородсодержащих органических соединений: одноатомные и многоатомные спирты, альдегиды и карбоновые кислоты, их химические свойства.
- Хроматографический анализ органических соединений.

- Жиры, их физические и химические свойства.
- Цветные реакции на белки растительного и животного происхождения.

В разделе «Материалы и методы» представлен пример работы по природным жирам, их физическим особенностям и химическим превращениям. В основу данной работы взяты методики из Практикума по органической химии Рево А. Я. [9] и адаптированы для работы со школьниками.

Также, в конце каждого выполненного занятия обсуждаются наиболее актуальные для данной темы вопросы. Например, в работе по исследованию жиров обсуждаются, новые знания, новая информация о таких знакомых им понятиях, как жиры и мыло. Каков принцип его получения мыла из жиров? Из каких природных материалов мыло синтезируют? Можно ли такое моющее получить в домашних условиях? Школьники обсуждают, что мыло как соль карбоновой кислоты имеет особенность выступать в качестве поверхностно-активного вещества, чем и обусловлено его дезинфицирующее и гигиеническое действие. С этими знаниями переплетается понятие о жесткости воды, которую ребята усвоили при изучении курса неорганической химии. Почему легко намыливаются руки в дождевой, талой, речной воде и совсем, наоборот, в морской воде? Такие известные бытовые особенности теперь осмысливаются через знания химических и физических особых свойств мыла или моющих средств. Для формирования устойчивого интереса к предмету, расширения кругозора и углубления знаний в качестве домашнего задания предлагается освоить тему: «Мыловарение, в домашних условиях».

Для оценки эффективности работы профильной школы за период с 2014–2019 гг. было проведено сравнение статистических данных по числу абитуриентов из числа слушателей школы, поступивших на специальности химического профиля. По итогам работы профильной школы можно отметить общую тенденцию увеличения числа школьников, посещающих занятия в «Школе юного химика», и увеличение процента учащихся, выбирающих при поступлении в ВУЗ специальности химического профиля КФУ (таблица 1 и рисунок 1).

По итогам работы профильной школы можно отметить следующее:

во-первых, число учащихся 11 класса, посещающих занятия в профильной школе, ежегодно меняется, что связано как с объективными, так и субъективными причинами (необходимость в подготовке к ЕГЭ по нескольким предметам; различные виды промежуточной аттестации в школе; нехватка времени у учащихся выпускного класса и пр.);

во-вторых, очевидна тенденция увеличения числа школьников, выбирающих специальности химического профиля Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, что подтверждает необходимость работы подобной профильной школы в рамках факультета биологии и химии Таврической академии Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (таблица 1 и рисунок 2).

Таблица 1

Статистика по числу обучающихся в профильной школе
«Школа юного химика» Таврической академии
Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского

Учебный год	Всего обучающихся в профильной школе (9–11 класс)	Поступившие в КФУ / обучающиеся 11 класса	Процент от числа уч-ся 11 класса, %
2014–15	10	3 / 6	50
2015–16	24	5 / 8	63
2016–17	24	7 / 10	70
2017–18	22	5 / 7	71
2018–19	36	6 / 8	75

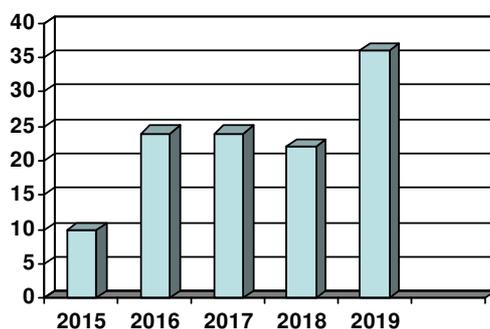


Рис. 1. Динамика суммарного числа обучающихся (9–11 класс) в профильной школе «Школа юного химика» Таврической академии Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского за 2014–2019 гг.

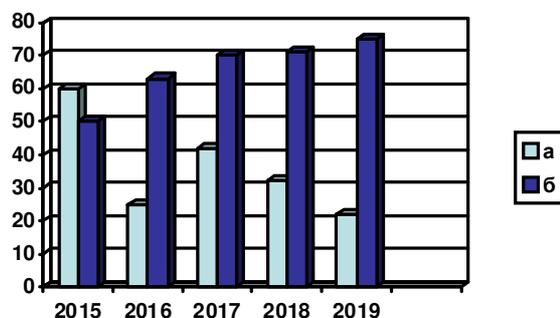


Рис. 2. Динамика изменения числа обучающихся в профильной «Школе юного химика» за 2014–2019 гг. (а – процент учащихся 11-го класса от общего числа слушателей школы; б – процент учащихся школы, поступивших на специальности химического профиля Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. «Школа юного химика» оказывает помощь школьникам в формировании устойчивого интереса к предмету, расширяет их кругозор, помогает в приобретении новых знаний по предмету, способствует овладению навыками экспериментальной работы с реактивами и лабораторным оборудованием, позволяет выявлять межпредметные связи, что очень важно для профессиональной ориентации учащихся; кроме этого при обучении в школе идет повышение интереса школьников к химии, а также популяризация университета, факультета и научных знаний.
2. За время работы школы удалось выбрать наиболее актуальные и интересные для школьников темы, а также формы проведения занятий; показано, что использование в работе профильной школы лабораторно-исследовательских работ позволяет реализовать практико-ориентированную направленность обучения.
3. По итогам работы профильной школы за период с 2014 по 2019 гг. отмечается увеличение числа школьников, выбирающих при поступлении в ВУЗ специальности химического профиля Крымского федерального университета.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (приказ Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г., № 413). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70188902/> (дата обращения 06.01.2020).
2. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273–ФЗ “Об образовании в Российской Федерации” [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/70291362/4c3e49295da6f4_511a0f5d18289c6432/ (дата обращения 06.01.2020).
3. Бельницкая Е. А. Система профориентационной работы учителя химии в условиях профильного обучения / Бельницкая Е. А. // Актуальные проблемы химического образования в средней и высшей школе: сборник научных статей. Главный редактор Е. Я. Аршанский. – Минск, 2016. – С. 17–19.
4. Оржековский П. А., Маршанова, Г. Л. Обучение химии, ориентированное на выполнение требований нового образовательного стандарта основной школы [Электронный ресурс]. URL: <http://edu.znate.ru/docs/913/index-13696.html> (дата обращения 03.01.2020).
5. Махмутов М. И. Принцип профессиональной направленности обучения / М. И. Махмутов // Принципы обучения в современной педагогической теории и практике. – Челябинск: ЧПУ. – 1985. – С. 13–15.
6. Межгосударственный стандарт ГОСТ 31865–2012 Вода. Единица жёсткости. – [Введен в действие 01.01.2014]. – М.: Стандартинформ, 2013.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.
8. Габриелян О. С. Программа курса химии для 8–11 классов общеобразовательных учреждений / О.С. Габриелян – М.: Дрофа. – 2010. – 78 с.
9. Рево А. Я. Практикум по органической химии (Качественные микрохимические реакции) 3-е изд. Учебн. пособие для медицинских вузов / А. Я. Рево – М: Высшая школа – 1971. – 208 с.

CHEMICAL ASPECTS IN WORK SPECIALIZED SCHOOL «SCHOOL OF YOUNG CHEMISTS»

Sarnit E. A., Tsikalova V. N., Tsikalov V. V., Netroba E. E.

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

The article presents the chemical aspects of organizing and conducting training in the specialized school «School of the Young Chemist», organized at the Faculty of Biology and Chemistry of the Tauride Academy of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. The activity of a specialized school gives a practice orientation for general secondary education in accordance with the Federal State Educational Standard and the Federal Law on Education in the Russian Federation. «School of Young Chemist» helps to master the basic methods of scientific knowledge used in chemistry. This is observation, description, measurement, experiment. Schoolchildren learn to process, explain the results of experiments, draw conclusions. Such results are achieved by laboratory studies in chemistry. After such classes, they are ready and able to apply methods of cognition in solving practical problems, know the safety rules when using chemicals. Chemistry labs also generate interest in processes around the world. The most effective form of conducting classes is laboratory research with a theoretical and experimental part, as well as a discussion of the results. «School of Young Chemist» works at the same time in two profiles. There is profile of inorganic chemistry and analysis of environmental objects for grades 9 and 11. There is profile of organic and biological chemistry for grade 10. The most relevant and interesting topics of classes were selected during the school. Here is a list of some topics in a series of inorganic chemistry: «Oxygen, its production in the laboratory, physical and chemical properties», «Qualitative reaction to ozone. Hydrogen peroxide (production, redox properties)», «Chemical and physical properties of sulfur. Chemical properties of sulfuric acid», «Iron, its physical and chemical properties. Qualitative reactions to iron cations (2+) and (3+)».

Examples of topics from the course of organic chemistry are presented: «Chromatographic analysis of organic compounds», «Fats, their physical and chemical properties», «Color reactions to proteins of plant and animal origin». The article presents statistical data on the number of applicants from among the schoolchildren of «School of Young Chemist» who entered the specialty chemical profile of the Crimean Federal University. «School of Young Chemist» offers opportunities to increase the interest of schoolboys in chemistry, the popularization of our university, and scientific knowledge.

Keywords: career guidance; specialized schools; chemistry training, chemical experiment; out-of-school education; organization of study work; education in groups.

References

1. The Federal state educational standard of secondary general education of the Russian Federation № 413 of May 17, 2012. Available at: <https://base.garant.ru/70188902/> (Accessed 06 January 2020). (*in Russ.*)
2. Federal Law of the Russian Federation № 273-FZ of December 29, 2012. “On Education in the Russian Federation”. Available at: https://base.garant.ru/70291362/4c3e49295da6f4_511a0f5d18289c6432/ (Accessed 06 January 2020). (*in Russ.*)

3. Belnitskaya E. A. (2016) The system of career guidance of a chemistry teacher in the context of specialized education, *Actual problems of chemical education in secondary and higher education: a collection of scientific articles* (ed. Arshansky E. Ya.), 17 (Minsk, 2016). (*in Russ.*)
4. Orzhekovsky P. A., Marshanova G. L. Chemistry education focused on fulfilling the requirements of the new educational standard of a primary school. Available at: <http://edu.znate.ru/docs/913/index-13696.html>. (Accessed 03 January 2020). (*in Russ.*)
5. Makhmutov M. I. The principle of vocational training. Principles of teaching in modern pedagogical theory and practice, 13 (Chelyabinsk: Chelyabinsk Pedagogical Institute Education Publ., 1985). (*in Russ.*)
6. Interstate standard GOST 31865–2012. Water. Unit stiffness. Moscow: Standartinform Publ., 2013. (*in Russ.*)
7. Sanitary and epidemiological rules and regulations of the Russian Federation 2.1.4.1074-01 № 24 of September 26, 2001. Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. (*in Russ.*)
8. Gabrielyan O. S. *The program of the chemistry course for grades 8–11 of educational institutions*, 78 p. (Moscow: Drofa Publ., 2010). (*in Russ.*)
9. Revo A. Ya. Workshop on Organic Chemistry (Qualitative Microchemical Reactions): Training manual for medical schools, 208 p. (Moscow: High School Publ., 1971). (*in Russ.*)

УДК 547.918:543.42:615.074

ТРИТЕРПЕНОВЫЕ САПОНИНЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ БРОНХИПРЕТ® СИРОП И ГЕРБИОН® СИРОП ПЛЮЩА

Яковишин Л. А.¹, Ратников В. Д.¹, Бажан П. И.¹, Гришковец В. И.²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь,
Республика Крым, Россия

²Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Из лекарственных препаратов Гербион® сироп плюща и Бронхипрет® сироп выделены суммы тритерпеновых сапонинов и методом ТСХ определен их состав. При этом показано, что в них содержатся гликозиды олеаноловой кислоты и хедерагенина. Преобладают гликозиды, имеющие агликон хедерагенин. Наибольшее содержание установлено для 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозилового эфира хедерагенина (хедерасапонина С). Выявлены некоторые отличия в гликозидном составе препаратов.

Ключевые слова: тритерпеновые сапонины, плющ обыкновенный, Гербион® сироп плюща, Бронхипрет® сироп, α -хедерин, хедерасапонин С, хедерасапонин F, ТСХ, ИК-Фурье-спектроскопия.

ВВЕДЕНИЕ

В России и за рубежом лекарственные препараты на основе листьев плюща обыкновенного *Hedera helix* L. (семейство Araliaceae Juss.) являются одними из наиболее популярных при лечении кашля [1–4]. Листья плюща обыкновенного содержат тритерпеновые гликозиды [4]. Наличие данных биологически активных веществ объясняет фармакологическую активность средств на основе плюща [4, 5]. В Государственный реестр лекарственных средств РФ входят такие препараты плюща, как Гербион® сироп плюща и Бронхипрет® сироп [6]. По объему продаж в России среди препаратов плюща Гербион® сироп плюща уступает только Геделиксу® и Проспану® (по итогам 7 месяцев 2018 г.) [2].

Активным компонентом средства Гербион® сироп плюща является сухой экстракт листьев плюща обыкновенного. Экстрагент – 30 % этанол. Препарат также включает ряд вспомогательных веществ: сорбит (E420), глицерин (E422), бензоат натрия (E211), лимонной кислоты моногидрат (E330), бальзам ароматический (пропиленгликоль (E1520), этанол (E1510), масло цитронеллы, цитраль из *Litsea cubeba*, масло лимона, масло кориандра) и очищенную воду [7].

Комбинированный лекарственный препарат Бронхипрет® сироп содержит в качестве активных компонентов экстракты листьев плюща (экстрагент – 70 % этанол) и травы тимьяна *Thymus vulgaris*. Вспомогательными веществами являются

очищенная вода, мальтитный сироп, сорбат калия и лимонной кислоты моногидрат [8]. Также выпускается препарат Бронхипрет® ТП таблетки, который не содержит экстракт плюща [8].

Ранее было проведено исследование тритерпеновых сапонинов ряда лекарственных средств на основе листьев плюща [9, 10]. Об особенностях состава сапонинов сиропов Гербион® и Бронхипрет® ранее не сообщалось. Настоящая статья посвящена выделению суммы тритерпеновых сапонинов из данных лекарственных препаратов и их анализу методом ТСХ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использовали образцы лекарственных препаратов Бронхипрет® сироп (производитель Бионорика СЕ, Германия; регистрационное удостоверение № ЛС-000181) и Гербион® сироп плюща (АО «КРКА, д.д., Ново место», Словения; регистрационное удостоверение № ЛП-002031).

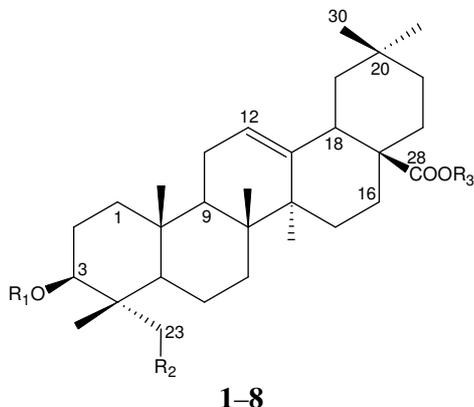
Получение и ТСХ-анализ суммы тритерпеновых сапонинов. К 1 мл средства приливали 1 мл *n*-бутанола, предварительно насыщенного водой. Смесь перемешивали в течение 15 мин и оставляли для расслоения жидкостей. Экстракцию проводили при 40 °С. Верхний (водно-спиртовой) слой отделяли и далее анализировали на наличие сапонинов методом восходящей ТСХ.

Вещества в экстрактах идентифицировали с заведомыми образцами тритерпеновых гликозидов известного строения, выделенных нами ранее из листьев плющей канарского *Hedera canariensis* Willd. [11], крымского *Hedera taurica* Carr. [12] и обыкновенного *Hedera helix* L. [13, 14] (рис. 1): 3-*O*- α -*L*-арабинопиранозид олеаноловой кислоты (1), 3-*O*- α -*L*-арабинопиранозид хедерагенина (2), 3-*O*-сульфат олеаноловой кислоты (3), 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозид олеаноловой кислоты (4), 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозид хедерагенина (5), 3-*O*-сульфат-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозид олеаноловой кислоты (6), 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозид олеаноловой кислоты (7) и 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозид хедерагенина (8).

ТСХ проводили на высокоэффективных пластинках «Sorbfil» марки ПТСХ-П-В-УФ-254 с размером частиц силикагеля 8–12 мкм (тип сорбента СТХ-1ВЭ) и аналитических пластинках «Sorbfil» марки ПТСХ-П-А с размером частиц силикагеля 5–17 мкм (тип сорбента СТХ-1А, толщина слоя 90–120 мкм) («Сорбполимер», Россия). Длина пластинок 10 см. На пластинки наносили по 0,02 мл водно-бутанольного экстракта. Экстракты суммы гликозидов препаратов и образцы гликозидов известного строения наносили на одну и ту же пластинку для ТСХ. Для элюирования использовали систему растворителей CHCl_3 – CH_3OH –25 % водный NH_3 (100:40:4 по объему).

Детектирование тритерпеновых гликозидов на пластинках осуществляли 0,2 % раствором *пара*-оксибензальдегида в 1 М растворе серной кислоты [15].

Хроматограммы после обработки реагентом нагревали до 100 °С при помощи нагревательного устройства для сушки пластин УСП-1М («Имид», Россия). Величины R_f сапонинов приведены в табл. 1 (для трех параллельных экспериментов; погрешность определения R_f составляет $\pm 0,01-0,03$).



Гликозид	R ₁	R ₂	R ₃
1	Агарα→	H	H
2	Агарα→	ОН	H
3	О ₃ S→	H	H
4	Rhαρ-(1→2)-Агарα→	H	H
5	Rhαρ-(1→2)-Агарα→	ОН	H
6	О ₃ S→	H	←βGlcр-(6←1)-βGlcр-(4←1)-αRhαρ
7	Rhαρ-(1→2)-Агарα→	H	←βGlcр-(6←1)-βGlcр-(4←1)-αRhαρ
8	Rhαρ-(1→2)-Агарα→	ОН	←βGlcр-(6←1)-βGlcр-(4←1)-αRhαρ

Рис. 1. Структура тритерпеновых гликозидов.

ИК-Фурье-спектроскопия лекарственных препаратов. Лекарственные средства для съемки спектров использовали без предварительной подготовки. ИК-спектры получены на ИК-Фурье-спектрометре ФТ-801 (СИМЕКС, Россия). Для работы с ИК-спектрометром ФТ-801 использовали программу ZaIR 3.5 (СИМЕКС, Россия). Съемку спектров осуществляли в специальной жидкостной кювете с регулируемой толщиной слоя исследуемой жидкости (СИМЕКС, Россия). Спектры получены в области 4000–550 см⁻¹ (спектральное разрешение 4 см⁻¹; 50 сканов).

ИК-спектр препарата Гербион® сироп плюща (ν, см⁻¹): 3407 (ОН), 2976 (СН), 2941 (СН), 2892 (СН), 1643 (Н–О–Н, С=О, С=C), 1509 (С=C_{Ar}), 1410 (СН), 1338 (СН), 1315 (СН), 1133 (С–О–С, С–ОН), 1081 (С–О–С, С–ОН), 1043 (С–О–С, С–ОН), 924 (моносахаридное кольцо), 882 (СН), 682 (Н–О–Н, ОН), 675 (Н–О–Н, ОН), 650 (ОН), 600 (СН_{Ar}).

ИК-спектр препарата Бронхипрет® сироп (ν , см^{-1}): 3417 (ОН), 2986 (СН), 2941 (СН), 2903 (СН), 1651 (Н–О–Н, С=О, С=C), 1454 (СН), 1150 (С–О–С, С–ОН), 1080 (С–О–С, С–ОН), 1043 (С–О–С, С–ОН), 924 (моносахаридное кольцо), 878 (СН), 752 (моносахаридное кольцо), 696 (Н–О–Н, ОН).

Таблица 1
Величины R_f сапонинов, содержащихся в лекарственных препаратах Гербион® сироп плюща и Бронхипрет® сироп

Сапонин	Тип пластинки для ТСХ	Величины R_f сапонинов			
		Гербион®	Бронхипрет®	Гербион®	Бронхипрет®
		Элюирование			
		Однократное	Однократное	Двукратное	Двукратное
1	ПТСХ-П-В-УФ-254	0,65	0,65	0,81	0,81
2		0,60	0,60	0,75	0,75
3		0,57	0,57	0,74	0,74
4		–	–	0,61	–
5		0,38	0,37	0,59	0,59
6		0,16	0,15	0,19	0,20
7		0,11	0,11	0,12	0,11
8		0,10	0,07	0,10	0,09
1	ПТСХ-П-А	0,86	0,86	0,93	0,93
2		0,81	0,81	0,91	0,91
3		0,80	0,80	0,85	0,84
4		–	–	0,82	–
5		0,57	0,56	0,80	0,81
6		0,21	0,21	0,57	0,60
7		0,13	0,12	0,30	0,31
8		0,07	0,07	0,27	0,29

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Хроматографический анализ. Сапонины из сиропов извлекали н-бутанолом, насыщенным водой. Полученные экстракты по данным ТСХ содержат несколько тритерпеновых гликозидов, обозначенных цифрами 1–8 (рис. 1).

Тритерпеновые сапонины **2**, **5** и **8** идентичны по своей хроматографической подвижности и сине-фиолетовому цвету зон после обработки пластин детектирующим реагентом, соответственно, 3-*O*- α -*L*-арабинопиранозиду, 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозиду и 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозиду хедерагенина.

При нагревании ТСХ-пластинок, предварительно обработанных реагентом [15], сульфатированные соединения **3** и **6** проявляются в первую очередь в виде пятен ярко-розового цвета, что позволяет отличать их от зон других гликозидов. Среди сульфатов преобладает гликозид **6**, представляющий собой 3-*O*-сульфат-28-*O*- α -*L*-

рамнопиранозил-(1→4)-*O*-β-*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*-β-*D*-глюкопиранозильный эфир олеаноловой кислоты (хедерасопонин F).

Тритерпеновые гликозиды **1**, **4** и **7** были идентифицированы, соответственно, с образцами 3-*O*-α-*L*-арабинопиранозида, 3-*O*-α-*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*-α-*L*-арабинопиранозида и 3-*O*-α-*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*-α-*L*-арабинопиранозил-28-*O*-α-*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*-β-*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*-β-*D*-глюкопиранозида олеаноловой кислоты. Зоны гликозидов олеаноловой кислоты на хроматограммах имеют розовый цвет.

В сиропе Бронхипрет® в основном присутствуют гликозиды **6** и **8**. Причем он отличается малым содержанием сапонина **5**. Гликозид **4** в составе препарата идентифицировать не удалось. В Гербионе® преобладают гликозиды **5** и **8**. Также найдены производные олеаноловой кислоты – сульфатированные соединения **3** и **6**, а также гликозиды **1**, **4** и **7**. Двукратное элюирование позволило выявить в составе препарата Гербион® сапонин **4**. В обоих препаратах доминирует гликозид **8**. Пятна этого гликозида на хроматограммах имели наибольшую площадь, что указывает на его преобладание в составе анализируемых сиропов. В ранее изученных немецких лекарственных препаратах Проспан® сироп [9] и Геделикс® капли [10] гликозид **8** так же имел наибольшее содержание.

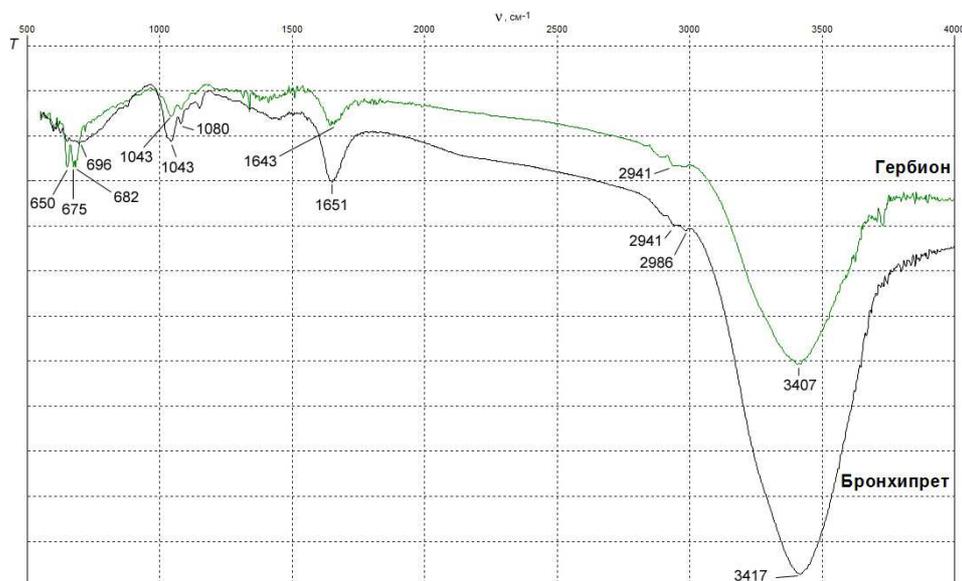


Рис. 2. ИК-спектры лекарственных препаратов Гербион® сироп плюща и Бронхипрет® сироп.

ИК-спектроскопический анализ препаратов. Многоатомные спирты, вода, тритерпеновые сапонины и прочие компоненты, входящие в состав сиропов плюща, объясняют вид их ИК-спектров. В ИК-спектре сиропов (рис. 2) присутствуют широкие интенсивные полосы валентных колебаний ассоциированных ОН-связей

при 3407 см⁻¹ (у Гербиона®) и 3417 см⁻¹ (у Бронхипрета®). Полосы валентных колебаний связей СН наблюдаются при 2976, 2941 и 2892 см⁻¹ (Гербион®), а в спектре Бронхипрета® – при 2986, 2941 и 2903 см⁻¹. Полосы поглощения деформационных колебаний СН-связей найдены при 1410, 1338 и 1315 см⁻¹ (Гербион®) и 1454 см⁻¹ (Бронхипрет®).

Полосы поглощения валентных колебаний связей С–О в группах С–ОН и С–О–С обнаружены при 1133, 1081, 1043 см⁻¹ (Гербион®) и 1150, 1080, 1043 см⁻¹ (Бронхипрет®). Полоса 1043 см⁻¹ имеет большую интенсивность, что ранее так же наблюдалось в ИК-спектрах лекарственных препаратов на основе плюща, таких как Геделикс, Пектолван и Гедерин [16]. Полоса поглощения малой интенсивности при 924 см⁻¹ вызвана колебаниями моносахаридных колец гликозидов.

Полосы поглощения 1643 (Гербион®) и 1651 см⁻¹ (Бронхипрет®) отнесены к деформационным колебаниям молекул воды и валентным колебаниям связей С=О и С=C. Поглощение в области 700 см⁻¹ вызвано неплоскими деформационными колебаниями ассоциированных связей О–Н органических составляющих сиропов и вращательными колебаниями воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из лекарственных препаратов Гербион® сироп плюща и Бронхипрет® сироп выделены суммы тритерпеновых сапонинов. Методом ТСХ идентифицированы основные сапонины препаратов.
2. В обоих сиропах наибольшее содержание отмечено для гликозида **8** (3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозилового эфира хедерагенина, хедерасапонины С).
3. В ИК-спектрах сиропов наиболее интенсивные полосы поглощения вызваны валентными колебаниями ассоциированных связей О–Н.

Список литературы

1. Розничный рынок препаратов для устранения симптомов простуды и кашля (R05) в России и странах СНГ // Ремедиум. – 2007. – № 8. – С. 62–64.
2. Прожерина Ю. Место современных фитопрепаратов в терапии кашля / Ю. Прожерина // Ремедиум. – 2018. – № 10. – С. 17–19.
3. Луценко Ю. О. Маркетингове та фармакоеконOMICHE дослідження ринку лікарських засобів України на основі плюща звичайного / Ю. О. Луценко, Г. Д. Гасюк, Р. Є. Дармограй // Клініч. фармац., фармакотер. та мед. стандартиз. – 2009. – № 1–2. – С. 170–174.
4. Hostettmann K. Saponins / K. Hostettmann, A. Marston. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 548 p.
5. α -Hederin, but not hederacoside C and hederagenin from *Hedera helix*, affects the binding behavior, dynamics, and regulation of β_2 -adrenergic receptors / A. Sieben, L. Prenner, T. Sorkalla [et al.] // Biochemistry. – 2009. – Vol. 48, № 15. – P. 3477–3482.
6. Государственный реестр лекарственных средств [Электронный ресурс]. URL: <http://grls.rosminzdrav.ru/grls.aspx> (дата обращения: 16.02.2020).
7. Инструкция по медицинскому применению лекарственного препарата Гербион® сироп плюща Herbion® Hederasyrup [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gerbion.com.ru/ru/lechenie-kaslia-s>

- gerbion/leceniie-vlaznogo-kaslia-s-gerbion/gerbion-sirop-plusca/instrukciia (дата обращения: 16.02.2020).
8. Бронхипрет®. Инструкция по применению [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bionorica.ru/respiratornye-zabolevaniya/bronkhipret/instruktsiya-po-primeneniyu> (дата обращения: 16.02.2020).
 9. Исследование тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата проспан® / Л. А. Яковишин, М. А. Вожжова, А. Л. Кузнецова, В. И. Гришкoveц // Журн. орг. и фарм. химии. – 2005. – Т. 3, вып. 1 (9). – С. 57–59.
 10. Яковишин Л. А. Комплекс тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата Hedelix® / Л. А. Яковишин, В. И. Гришкoveц // Химия природ. соедин. – 2003. – № 5. – С. 417–418.
 11. Тритерпеновые гликозиды *Hedera canariensis* I. Строение гликозидов L-A, L-B₁, L-B₂, L-C, L-D, L-E₁, L-G₁, L-G₂, L-G₃, L-G₄, L-H₁, L-H₂ и L-I₁ из листьев *Hedera canariensis* / В. И. Гришкoveц, Д. Ю. Сидоров, Л. А. Яковишин [и др.] // Химия природ. соедин. – 1996. – № 3. – С. 377–383.
 12. Тритерпеновые гликозиды *Hedera taurica* I. Строение таурозида E из листьев *Hedera taurica* / А. С. Шашков, В. И. Гришкoveц, А. А. Лолойко [и др.] // Химия природ. соедин. – 1987. – № 3. – С. 363–366.
 13. Тритерпеновые гликозиды *Hedera helix* I. Строение гликозидов L-1, L-2a, L-2b, L-3, L-4a, L-4b, L-6a, L-6b, L-6c, L-7a и L-7b из листьев плюща обыкновенного / В. И. Гришкoveц, А. Е. Кондратенко, Н. В. Толкачева [и др.] // Химия природ. соедин. – 1994. – № 6. – С. 742–746.
 14. Тритерпеновые гликозиды *Hedera helix* III. Строение тритерпеновых сульфатов и их гликозидов / В. И. Гришкoveц, А. Е. Кондратенко, А. С. Шашков, В. Я. Чирва // Химия природ. соедин. – 1999. – № 1. – С. 87–90.
 15. Яковишин Л. А. Детектирующие реагенты для ТСХ тритерпеновых гликозидов / Л. А. Яковишин // Химия природ. соедин. – 2003. – № 5. – С. 419–420.
 16. Яковишин Л. А. Лекарственные препараты на основе плюща: ИК-Фурье-спектроскопический анализ / Яковишин Л. А., Бажан П. И., Ратников В. Д., Гришкoveц В. И. // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 3. – С. 259–267.

TRITERPENE SAPONINS OF DRUGS BRONCHIPRET® SYRUP AND HERBION® HEDERA SYRUP

Yakovishin L. A.¹, Ratnikov V. D.¹, Bazhan P. I.¹, Grishkovets V. I.²

¹Sevastopol State University, Sevastopol, Crimea, Russia

²V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

In Russia and abroad drugs based on common ivy leaves *Hedera helix* L. (Araliaceae Juss.) are among the most popular in the treatment of cough. Ivy contains triterpene saponins. Triterpene glycosides explain the pharmacological effect of ivy and drugs based on its.

The State Register of Drugs of the Russian Federation includes ivy preparations Herbion® Hedera syrup and Bronchipret® syrup. The active ingredient of Herbion® Hedera syrup is a dry extract of common ivy leaves. The combined drug Bronchipret® syrup contains extracts of ivy and thyme herbs *Thymus vulgaris* as active ingredients.

Triterpene saponins extracted from syrups with water-saturated *n*-butanol. The *n*-butanol extracts were analyzed by TLC. According to TLC, it contained several groups of

saponins. The saponins of Herbion[®] and Bronchipret[®] syrups were identified using authentic specimens of triterpene glycosides of known structure that we isolated from leaves of Canary ivy *Hedera canariensis* Willd., common ivy *Hedera helix* L. and Crimean ivy *Hedera taurica* Carr.

By TLC analysis, were identified oleanolic acid 3-*O*-sulfate (for Herbion[®] and Bronchipret[®]), 3-*O*-sulfate-28-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 4)-*O*- β -*D*-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 6)-*O*- β -*D*-glucopyranoside (hederasaponin F; for Herbion[®] and Bronchipret[®]), 3-*O*- α -*L*-arabinopyranoside (for Herbion[®] and Bronchipret[®]), 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-arabinopyranoside (for Herbion[®]), and 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-arabinopyranosyl-28-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 4)-*O*- β -*D*-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 6)-*O*- β -*D*-glucopyranoside (for Herbion[®] and Bronchipret[®]), as well as hederagenin 3-*O*- α -*L*-arabinopyranoside (for Herbion[®] and Bronchipret[®]), 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-arabinopyranoside (α -hederin; for Herbion[®] and Bronchipret[®]), and 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-arabinopyranosyl-28-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 4)-*O*- β -*D*-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 6)-*O*- β -*D*-glucopyranoside (hederasaponin C; for Herbion[®] and Bronchipret[®]). In the syrups are dominated hederagenin glycosides. The highest content in Herbion[®] and Bronchipret[®] syrups was observed for hederasaponin C.

In the IR spectra of Herbion[®] and Bronchipret[®] syrups, the most intense absorption bands of associated O–H bonds stretching vibrations are at 3407 cm⁻¹ (for Herbion[®]) and 3417 cm⁻¹ (for Bronchipret[®]).

Keywords: triterpene saponins, common ivy, Herbion[®] Hedera syrup, Bronchipret[®] syrup, α -hederin, hederasaponin C, hederasaponin F, TLC, FT-IR spectroscopy.

References

1. The retail market for drugs to eliminate the symptoms of colds and cough (R05) in Russia and CIS countries, *Remedium*, 8, 62 (2007). (in Russ.).
2. Prozherina J., The role of modern herbal remedies in the management of cough, *Remedium*, 10, 17 (2018). (in Russ.).
3. Lutsenko Yu. O., Gasjuk A. D., Darmohray R. Ye., Marketing and pharmaco-economic investigations of the medicines, based on the *Hedera helix* content, in ukrainian market, *Clinic. Pharm., Pharmacother. & Med. Standardiz.*, 1–2, 170 (2009). (in Ukr.).
4. Hostettmann K., Marston A., *Saponins*, 548 p. (Cambridge University Press, Cambridge, 1995).
5. Sieben A., Prenner L., Sorkalla T., Wolf A., Jakobs D., Runkel F., Häberlein H., α -Hederin, but not hederacoside C and hederagenin from *Hedera helix*, affects the binding behavior, dynamics, and regulation of β_2 -adrenergic receptors, *Biochemistry*, **48** (15), 3477 (2009).
6. State register of drugs, <http://grls.rosminzdrav.ru/grls.aspx> (Accessed February 16, 2020). (in Russ.).
7. Instructions for medicinal use of drug Herbion[®] Hedera syrup, <https://www.gerbion.com.ru/ru/lechenie-kaslia-s-gerbion/lechenie-vlaznogo-kaslia-s-gerbion/gerbion-sirop-plusca/instrukciia> (Accessed February 16, 2020). (in Russ.).
8. Bronchipret[®]. Instructions for use, <https://www.bionorica.ru/respiratornye-zabolevaniya/bronchipret/instruktsiya-po-primeneniyu> (Accessed February 16, 2020). (in Russ.).
9. Yakovishin L. A., Vozzhova M. A., Kuznetsova A. L., Grishkovets V. I., Study of triterpene glycosides of the drug prospan[®], *Zhurn. Org. Farm. Khim.*, **3** (1), 57 (2005). (in Russ.).
10. Yakovishin L. A., Grishkovets V. I., Triterpene glycosides of the medicinal preparation Hedelix[®], *Khim. Prirod. Soedin.*, **5**, 417 (2003). (in Russ.).
11. Grishkovets V. I., Sidorov D. Yu., Yakovishin L. A., Arnautov N. N., Shashkov A. S., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera canariensis* I. Structures of glycosides L-A, L-B₁, L-B₂, L-C, L-D, L-E₁,

- L-G₁, L-G₂, L-G₃, L-G₄, L-H₁, L-H₂, and L-I₁ from the leaves of *Hedera canariensis*, *Khim. Prirod. Soedin.*, 3, 377 (1996). (in Russ.).
12. Shashkov A. S., Grishkovets V. I., Loloyko A. A., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera taurica* I. Structure of tauroside E from the leaves of *Hedera taurica*, *Khim. Prirod. Soedin.*, 3, 363 (1987). (in Russ.).
 13. Grishkovets V. I., Kondratenko A. E., Tolkacheva N. V., Shashkov A. S., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera helix* I. The structures of glycosides L-1, L-2a, L-2b, L-3, L-4a, L-4b, L-6a, L-6b, L-6c, L-7a, and L-7b from the leaves of common ivy, *Khim. Prirod. Soedin.*, 6, 742 (1994). (in Russ.).
 14. Grishkovets V. I., Kondratenko A. E., Shashkov A. S., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera helix* III. Structure of the triterpene sulfates and their glycosides, *Khim. Prirod. Soedin.*, 1, 87 (1999). (in Russ.).
 15. Yakovishin L. A., Developers for TLC of triterpene glycosides, *Khim. Prirod. Soedin.*, 5, 419 (2003). (in Russ.).
 16. Yakovishin L. A., Bazhan P. I., Ratnikov V. D., Grishkovets V. I., Ivy-containing drugs: FT-IR spectroscopy analysis, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, 5 (3) 259 (2019). (in Russ.).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абдулганиева Эльвира Фекритовна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», аспирантка кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий факультета биологии и химии, e-mail: eabdulganieva1993@gmail.com
Аллахвердиева Гюнель Фахраддин	Институт Генетических Ресурсов НАН Азербайджана, аспирант, научный сотрудник отдела Экоботаники и систематики, e-mail: gunel.allahverdiyeva@yandex.ru
Адрозов Игорь Витальевич	Ветеринарный комплекс «БИОН», врач общей практики
Аскеров Айдын Мусса	Институт Генетических ресурсов НАН Азербайджана, доктор биологических наук, научный руководитель. зав. отделом Экоботаники и систематики, e-mail: askerov1@mail.ru
Бажан Полина Игоревна	ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», студентка 4 курса
Бежин Николай Алексеевич	ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела биогеохимии моря
Большакова Анна Александровна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», обучающаяся 1 курса магистратуры при кафедре биохимии
Вахрушева Людмила Павловна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий факультета биологии и химии, e-mail: vakhl@inbox.ru
Веляев Юрий Олегович	Политехнический институт (структурное подразделение), ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевые технологии и оборудование», e-mail: velyaevyo@yandex.ru
Воронин Андрей Алексеевич	Воронежский государственный университет, кандидат с/х наук, доцент, директор Ботанического сада ВГУ, e-mail: voronin@bio.vsu.ru
Голинач Олег Валентинович	ГБПОУ «Крымское среднее профессиональное училище (техникум) олимпийского резерва», директор

Грабовская Елена Юрьевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
Графова Анастасия Евгеньевна	Политехнический институт (структурное подразделение), ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», старший преподаватель кафедры «Пищевые технологии и оборудование»
Гришина Татьяна Владимировна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Гришковец Владимир Иванович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор химических наук, профессор кафедры общей и физической химии
Гусев Алексей Николаевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор химических наук, профессор кафедры общей и физической химии, e-mail: galex0330@rambler.ru
Данилова Ирина Львовна	ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, e-mail: oreol-mir@mail.ru
Довгий Илларион Игоревич	ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела биогеохимии моря, e-mail: dovhyi.illarion@yandex.ru
Евсеева Анна Александровна	ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», доцент кафедры ботаники, микробиологии и экологии, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: annahabarova@yandex.ru
Егорова Наталья Юрьевна	Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологии и ресурсоведения растений, e-mail: n_chirkova@mail.ru
Еременко Виктор Иванович	Курская государственная сельскохозяйственная академия, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой эпизоотологии, радиобиологии и фармакологии, e-mail: vic.eriomenko@yandex.ru

Зубоченко Алла Анатольевна	ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», старший научный сотрудник отдела переработки и стандартизации эфиромасличного сырья, e-mail: zubochenko_a@niishk.ru
Ибрагимова Эвелина Энверовна	ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова», кандидат биологических наук, заведующая кафедрой биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности
Ибрагимова Элеанора Исметовна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Иванов Сергей Александрович	МБОУ «Специализированная школа № 1 им. Д. Карбышева с углубленным изучением французского языка», учитель химии
Илюхина Екатерина Михайловна	ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Курской области», химик-эксперт физико-химической лаборатории токсикологического отделения
Клевцова Марина Александровна	Воронежский государственный университет, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник, e-mail: marin-m@yandex.ru
Козловская Ольга Николаевна	ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», младший научный сотрудник отдела биогеохимии моря
Колесник Виктория Владимировна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Колотилова Екатерина Андреевна	МБОУ СОШ №24, учащаяся
Колотилова Оксана Ивановна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
Комегиани Илона Бучуевна	ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой химии
Коношенко Светлана Владимировна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор кафедры биохимии

Корениук Иван Иванович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: ikoreniuk@yandex.ru
Коростелёв Александр Викторович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», обучающийся 1 курса магистратуры при кафедре биохимии
Кременчуцкий Дмитрий Александрович	ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», младший научный сотрудник отдела биогеохимии моря
Кремлева Татьяна Анатольевна	ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», доктор химических наук, заведующий кафедрой органической и экологической химии Тюменского государственного университета, e-mail: kreml-ta@yandex.ru
Кузьминова Наталья Станиславовна	ФИЦ Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: kunast@rambler.ru
Лепешкина Лилия Александровна	Воронежский государственный университет кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, e-mail: lilez1980@mail.ru
Мельникова Елена Борисовна	Институт природно-технических систем ФГБНУ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: helena_melnikova@mail.ru
Миневич Анжелика Анатольевна	Медицинская академия им. С. И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», преподаватель химии подготовительных курсов
Мирмунинова Зулхумор Мирадиловна	ГБУЗ РК «Центр крови», врач – трансфузиолог
Миронюк Ирина Сергеевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Нагаева Елена Ивановна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры

Нетреба Евгений Евгеньевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доцент кафедры общей и физической химии
Никольская Виктория Александровна	ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет» имени Февзи Якубова, кандидат биологических наук старший преподаватель кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности факультета психологии и педагогического образования
Норкин Антон Сергеевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистрант 1 курса кафедры общей и физической химии
Омельченко Александр Владимирович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии и биотехнологий
Осипова Елена Александровна	Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева Российской академии наук, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биологии культивируемых клеток, e-mail:eleang@mail.ru
Остапенко Александр Дмитриевич	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистрант 1 курса кафедры общей и физической химии
Панов Денис Алесксандрович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент кафедры общей и физической химии факультета биологии и химии, e-mail: despanov@gmail.com
Петухов Александр Сергеевич	ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», магистрант института химии, e-mail: revo251@mail.ru
Петухова Галина Александровна	ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры экологии и генетики Тюменского государственного университета, e-mail: gpetuhova1@mail.ru
Пивоварчук Анастасия Валерьевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Покинтелица Николай Иванович	Политехнический институт (структурное подразделение), ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Пищевые технологии и оборудование»

Проскурнин Владислав Юрьевич	ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», младший научный сотрудник отдела радиационной и химической биологии
Раваева Марина Юрьевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Ратников Владимир Дмитриевич	ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», студента 4 курса
Сарнит Елена Александровна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доцент кафедры общей и физической химии, e-mail: easarnit@mail.ru
Смаилова Эльвира Эдемовна	ГБПОУ «Крымское среднее профессиональное училище (техникум) олимпийского резерва», методист
Соболев Валерий Иванович	Институт педагогики, психологии и инклюзивного образования Гуманитарно-педагогической академии (филиал) Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры здоровья и реабилитации, e-mail: v.sobolev@mail.ru
Сулейманова Венера Нуритдиновна	Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологии и ресурсоведения растений, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: venera_su@mail.ru
Табах Ильяз Нусретович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр кафедры медико-биологических основ физической культуры
Титовский Александр Владимирович	Курская государственная сельскохозяйственная академия, аспирант кафедры эпизоотологии, радиобиологии и фармакологии
Труш Вера Владимировна	Донецкий национальный университет, кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой физиологии человека и животных
Фомченко Константин Александрович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр 2 курса кафедры медико-биологических основ физической культуры

Хлыстов Василий Александрович	ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН», инженер отдела турбулентности
Хритохин Николай Александрович	ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры неорганической и физической химии Тюменского государственного университета, e-mail: kna@utmn.ru
Хусаинов Денис Рашидович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики. ГБПОУ «Крымское среднее профессиональное училище (техникум) олимпийского резерва», преподаватель, e-mail: gangliu@yandex.ru
Цикалов Виктор Валентинович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доцент кафедры валеологии и безопасности жизнедеятельности человека
Цикалова Виктория Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доцент кафедры органической и биологической химии
Чайка Андрей Владимирович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», специалист по учебно-методической работе кафедры физиологии человека и животных и биофизики. ГБПОУ «Крымское среднее профессиональное училище (техникум) олимпийского резерва», преподаватель, e-mail: andrew.chajka@yandex.ru
Черетаев Игорь Владимирович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: cheretaev86@yandex.ru
Чуян Елена Николаевна	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Шульгин Виктор Фёдорович	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и физической химии, e-mail: shulvic@gmail.com

- Юркова
Ирина Николаевна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», кандидат технических наук, старший научный сотрудник научного отдела Ботанического сада, e-mail: nanosilver@rambler.ru
- Яковишин
Леонид Александрович** ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой «Химия», e-mail: chemsevntu@rambler.ru
- Ярмолюк
Наталья Сергеевна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры
- Ярош
Ольга Борисовна** Институт экономики и управления ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», профессор кафедры маркетинга, торгового и таможенного дела, руководитель проекта Лаборатория нейромаркетинга и поведенческой экономики, доктор экономических наук, доцент, e-mail: iarosh.olga@gmail.com
- Яценко
Инна Юрьевна** ГБПОУ «Крымское среднее профессиональное училище (техникум) олимпийского резерва», заместитель директора по учебной работе

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Абдулганиева Э. Ф., Вахрушева Л. П.**
ГЕТЕРОГЕННОСТЬ СТРУКТУРЫ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *SATUREJA MONTANA* L. SUBSP. *TAURICA* (VELEN.) P. W. BALL [*S. TAURICA* VELEN.] В РАЗЛИЧНЫХ ЭКОТОПАХ ПРЕДГОРНОГО КРЫМА 3
- Аллахвердиева Г. Ф., Аскеров А. М.**
МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СЕМЯН У НЕКОТОРЫХ ВИДОВ *LATHYRUS* L. НА ЮЖНОМ КАВКАЗЕ (АЗЕРБАЙДЖАН) 14
- Грабовская Е. Ю., Табах И. Н.**
ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ТЯЖЕЛОЙ АТЛЕТИКОЙ, НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА 26
- Евсеева А. А.**
ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРЦИАЛЬНОЙ ФЛОРЫ РУДЕРАЛЬНЫХ МЕСТ ОБИТАНИЯ Г. КАЛУГИ 36
- Егорова Н. Ю., Сулейманова В. Н.**
БИОТОПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ К АНТРОГЕННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ *LISTERA OVATA* (L.) R. BR. В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ 47
- Еременко В. И., Титовский А. В.**
АКТИВНОСТЬ ТРАНСАМИНАЗ В КРОВИ РАСТУЩИХ ХРЯКОВ РАЗНЫХ ПОРОД 57
- Ибрагимова Э. Э.**
СКРИНИНГ НАРУШЕНИЙ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У ОБУЧАЮЩИХСЯ ВУЗА 63
- Колотилова О. И., Ярмолюк Н. С., Коренюк И. И., Колотилова Е. А.**
ВЛИЯНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ У СПОРТСМЕНОВ 73
- Коношенко С. В., Коростелёв А. В., Большакова А. А., Мирмунинова З. М.**
ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПРОТЕИНОВ В ЭРИТРОЦИТАХ ПРИ ИХ ХРАНЕНИИ В СОСТАВЕ ГЕМОКОНСЕРВАНТОВ РАЗНОГО ТИПА 81
- Лепешкина Л. А., Клевцова М. А., Воронин А. А.**
ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ГОРОДСКОГО ОКРУГА Г. ВОРОНЕЖ 88
- Мельникова Е. Б., Кузьминова Н. С.**
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА МЕЖГОДОВУЮ ДИНАМИКУ ГОНАДОСОМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА У СРЕДИЗЕМНОМОРСКОЙ СТАВРИДЫ (*TRACHURUS MEDITERRANEUS*) В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КРЫМА 97

Никольская В. А., Черетаев И. В. ВЛИЯНИЕ ИНСУЛИНОВОГО ШОКА НА ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ МОДИФИКАЦИЮ БЕЛКОВ НЕРВНОЙ ТКАНИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС	110
Осипова Е. А. ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКОГО СТРЕССА НА СОДЕРЖАНИЕ ПРОТОБЕРБЕРИНОВЫХ АЛКАЛОИДОВ В СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК <i>THALICTRUM MINUS L.</i>	125
Петухов А. С., Хридохин Н. А., Петухова Г. А., Кремлева Т. А. ОТВЕТНАЯ РЕАКЦИЯ АНТИОКСИДАНТНЫХ СИСТЕМ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ НА ПОВРЕЖДЕНИЕ КЛЕТОК В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	134
Раваева М. Ю., Чуян Е. Н., Миронюк И. С., Черетаев И. В., Колесник В. В., Пивоварчук А. В., Гришина Т. В., Ибрагимова Э. И. ПОКАЗАТЕЛИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ КРЫС ПРИ ДЕЙСТВИИ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ В РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ	150
Соболев В. И., Труш В. В. ВЛИЯНИЕ ТИРЕОИДНОГО СТАТУСА НА МОЩНОСТЬ, РАЗВИВАЕМУЮ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕЙ БЕЛЫХ КРЫС В ДИНАМИКЕ ИЗОТОНИЧЕСКОГО СОКРАЩЕНИЯ	162
Чайка А. В., Фомченко К. А., Нагаева Е. И., Хусаинов Д. Р., Голинач О. В., Яценко И. Н., Смаилова Э. Э. ПАУЭРЛИФТИНГ КАК СРЕДСТВО ОЗДОРОВЛЕНИЯ ЖИТЕЛЕЙ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	173
Черетаев И. В., Хусаинов Д. Р., Чуян Е. Н., Раваева М. Ю., Гусев А. Н., Шульгин В. Ф., Коренюк И. И., Иванов С. А. АНАЛЬГЕТИЧЕСКИЕ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ АЦЕТИЛСАЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ: ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ	197
Юркова И. Н., Омельченко А. В., Зубоченко А. А., Панов Д. А., Данилова И. Л. ВЛИЯНИЕ НАНОСЕЛЕНА НА СОДЕРЖАНИЕ ИОНОВ K^+ , Na^+ И Cl^- В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ КОМБИНИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ЗАСОЛЕНИЯ И ЗАСУХИ.....	220
Яковишин Л. А., Адрузов И. В. ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕРАПИИ ПРИ КЛЕЩЕВОЙ ИНФЕКЦИИ У СОБАКИ	231
Ярош О. Б. ВИЗУАЛЬНЫЙ НЕЙРОМАРКЕТИНГ: МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И МЕТРИКИ.....	240

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Веляев Ю. О., Илюхина Е. М., Кометиани И. Б., Покинтелица Н. И., Графова А. Е. ПОЛУЧЕНИЕ АМОРФНОГО ZrO_2 ИЗ АЗОТНОКИСЛОГО ЦИРКОНИЛА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО СТРУКТУРНО-ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ	251
--	-----

Гришковец В. И., Норкин А. С., Остапенко А. Д., Яковишин Л. А., Миневич А. А. ВЛИЯНИЕ ПОЛИФОСФАТОВ НАТРИЯ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА.....	262
Гришковец В. И., Остапенко А. Д., Яковишин Л. А., Миневич А. А. ВЛИЯНИЕ ЭТИДРОНОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЁ СОЛЕЙ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА	268
Довгий И. И., Кременчуцкий Д. А., Козловская О. Н., Бежин Н. А., Хлыстов В. А., Проскурнин В. Ю. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМОГЕННЫХ РАДИОИЗОТОПОВ ³² P, ³³ P ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОДИНАМИКИ ФОСФОРА В АКВАТОРИИ ГЕРАКЛЕЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА В ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД.....	274
Сарнит Е. А., Цикалова В. Н., Цикалов В. В., Нетреба Е. Е. ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В РАБОТЕ ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЫ «ШКОЛА ЮНОГО ХИМИКА».....	287
Яковишин Л. А., Ратников В. Д., Бажан П. И., Гришковец В. И. ТРИТЕРПЕНОВЫЕ САПОНИНЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ БРОНХИПРЕТ® СИРОП И ГЕРБИОН® СИРОП ПЛЮЩА.....	299
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	308
СОДЕРЖАНИЕ	316