

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

**Том 6 (72), № 3**

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

**Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского**  
**Симферополь, 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 № 3 от 24 сентября 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. Плугатарь 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 29.09.2020. 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. № 3. С. 3–17.

УДК 574.34(58.009)

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-3-17

## ОНТОМОРФОГЕНЕЗ И СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *CREPIS PURPUREA* (WILLD.) M. VIEB. В КРЫМУ

Абдулганиева Э. Ф.

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

Исследовался онтоморфогенез и структура ценопопуляций редкого вида *Crepis purpurea* (Willd.) M. Vieb., охраняемого Красными книгами города Севастополя, Республики Крым, Турции и I Приложением Бернской конвенции. Изучены длительность прохождения и морфолого-анатомические особенности возрастных состояний прегенеративного, генеративного и сенильного периодов онтогенеза *C. purpurea*. Общая продолжительность онтогенеза составляет 5–6 лет, в котором выделены 4 онтогенетических периода и 9 возрастных состояний. Для *C. purpurea* установлен структурный тип поливариантности с формированием 3 вариантов онтобиоморфы: особей с одно-, дву- или многоглавым каудексом. Выявлены особенности и период наступления анатомической партикуляции побеговой части каудекса. Определена всхожесть семян *C. purpurea*. Описаны онтогенетическая, виталитетная и пространственная структуры 11 крымских ценопопуляций *C. purpurea*.

**Ключевые слова:** *Crepis purpurea*, онтоморфогенез, онтогенетическая структура, виталитет, пространственная структура.

### ВВЕДЕНИЕ

Эффективное сохранение редких и исчезающих видов, в первую очередь, зависит от научно обоснованных охранных мер, направленных на их защиту на популяционном уровне. В связи с этим, особенно важным является знание структуры популяций и особенностей жизненного цикла, без понимания которых невозможна объективная интерпретация результатов оценки современного состояния и прогнозирование популяционной динамики видов [1]. Наиболее информативным в этом смысле для растительных видов являются анализ онтогенетической, виталитетной и пространственной структур популяций.

Одним из компонентов сообществ, произрастающих на обнажениях известняковых и мергелистых пород Горного Крыма, является редкий *Crepis purpurea* (Willd.) M. Vieb. Скерда пурпуровая имеет ограниченный в мире ареал (Крым, Северная Турция), большая часть популяций которого сохранилась на

территории Крымского полуострова [2, 3], что послужило обоснованием необходимости включения вида в региональные Красные книги города Севастополя [4], Крыма [5] и Турции [6], а также в международный Красный список растений, охраняемых Бернской конвенцией [7]. Исследований, охватывающих комплексное изучение характеристик предгорных и яйлинских вариантов популяций, ранее не проводилось.

Целью данной работы является изучение особенностей онтоморфогенеза и структуры ценопопуляций (ЦП) *S. purpurea* в Крыму.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в течение вегетационных сезонов 2018–2019 годов в 11 фитоценозах Главной и Внутренней гряд Крымских гор, в составе которых произрастает *S. purpurea* (рис. 1).



Рис. 1. Карта расположения исследуемых ценопопуляций *S. purpurea*.

Дифференциация и характеристика возрастных состояний *S. purpurea* базировались на концепции дискретного описания онтогенеза, предложенной Т. А. Работновым [8] и детально разработанной его последователями А. А. Урановым [9], О. В. Смирновой [10] и Ю. А. Злобиным [11]. Определение типа онтогенеза и вариантов поливариантного развития проводилось по классификациям Л. А. Жуковой [12–15]. Онтогенетическая структура ценопопуляций анализировалась с привлечением онтогенетических индексов И. Н. Коваленко [16]: возобновляемости ( $I_v$ ), генеративности ( $I_r$ ), старения ( $I_c$ ), общей возрастности популяции ( $I$  возраст), а также индексов возрастности ( $\Delta$ ) А. А. Уранова [9] и эффективности ( $\omega$ ) Л. А. Животовского [17]. Виталитетная структура ЦП устанавливалась по состоянию

30 средневозрастных генеративных особей согласно методике Ю. А. Злобина [1, 18] в программе «VITAL». Для определения характера пространственного распределения особей использовался индекс Одума ( $I_0$ ), [19], в качестве размера счетной единицы площади был принят  $1 \text{ м}^2$ .

Названия видов даны по [20].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb. [*Lagoseris purpurea* (Willd.) Boiss.; *L. callicephala* Juz.] – многолетний травянистый стержнекорневой поликарпик семейства Asteraceae [4, 21], (рис. 2).

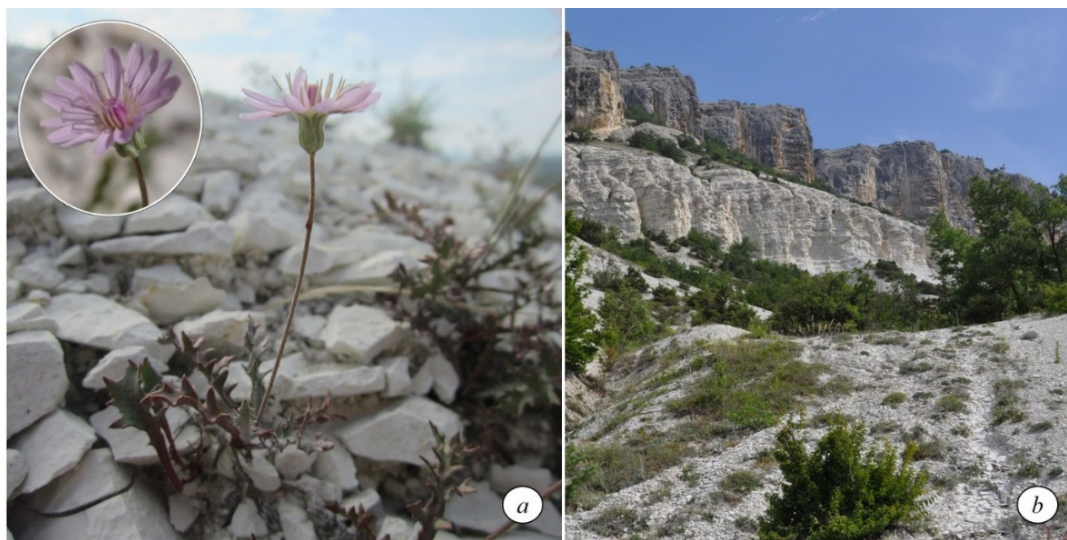


Рис. 2. *a* – Генеративная особь *Crepis purpurea*; *b* – Участок ценопопуляции № 7 (Бельбекская долина, подножье скалы Топчи-Кая).

Существование морфологически близких видов *L. purpurea*, *L. callicephala* и *L. robusta* Czer., основанием для выделения которых, главным образом, являются различия в характере опушения листочков обертки корзинки и цветоносов, до сих пор остается спорным и не имеет единого решения [22, 23]. Так, в современной литературе онтогенезу и возрастной структуре 2-х популяций *L. callicephala* посвящена работа А. Р. Никифорова [24]. Автором также отмечаются фенологические различия в развитии побеговых систем *L. callicephala* и *L. purpurea* [25]. Однако в последней флористической сводке высших растений Крыма [20] указывается, что вышеуказанные таксоны не имеют статуса вида и отнесены в разряд синонимов *C. purpurea*.

В виду вышесказанного, а также учитывая, что в составе исследованных сообществ присутствовали особи с разным типом опушения корзинок и цветоносов, изученные ценопопуляции рассматривались в объеме одного вида – *C. purpurea*.

В результате морфолого-анатомического анализа в жизненном цикле *S. purpurea* были выделены 4 онтогенетических периода (латентный, прегенеративный, генеративный, постгенеративный) и 9 возрастных состояний.

**Латентный период** представлен **семенами** (*se*). Плод – семянка, вытянута в длину до 3–6 мм, от черного до темно-коричного цвета, со слабозаметными ребрами. Распространению семян способствует хорошо развитый паппус грязно-белого цвета, почти одинаковой длины с семенем – 2–5 мм длины.

**Прегенеративный период. Проростки** (*p*) Наблюдение за проростками частично было проведено в лабораторных условиях. Прорастание семян происходит на 14 сутки при температуре 20 °С. Всхожесть семян низкая, так как составляет всего 11 %. Прорастание семян надземное. Проростки с 2 простыми семядольными линейными листьями: длиной 6–13 мм, шириной 1–2 мм. Листовые пластинки следующей пары листьев *p* остаются цельными, но форма становится лопатчатой. Гипокотиль различной длины, и зависит от особенностей микрорельефа местообитания. Появление проростков в природе приурочено к середине весны – началу лета. Переход в следующее возрастное состояние происходит через 1–1,5 месяца.

Особенности развития **ювенильных** растений (*j*) определяют дальнейший ход онтоморфогенеза. В типичном случае растение в этом возрастном состоянии представляет собой первичный побег 2–2,5 см высотой, имеющий моноподиальное нарастание и 3–4 листа обратно-узкойцевидной формы с 1–2 парами зубчиков, расположенными ближе к верхушке листовой пластинки (13–18 мм длины и 3–5 мм ширины). Главный корень удлиняется до 5–8 см и развивает нитеобразные боковые корни. Переход в следующее возрастное состояние происходит через 1 месяц. В случае гибели верхушечной почки (заморозки, засыпание почвой, что случается часто на этих субстратах) происходит развитие пазушных почек со сменой моноподиального нарастания на симподиальное. В зависимости от развития числа побегов замещения, в дальнейшем будет формироваться симподиально нарастающая стержнекорневая биоморфа с одно-, дву- или многоглавым каудексом. Поливариантность развития ювенильных растений демонстрирует пластичность онтогенеза и обеспечивает более высокие шансы выживания наиболее уязвимой прегенеративной группы популяции. Похожие формы полиморфизма ювенильных и имматурных особей были также выявлены и у других каудексовых растений *Scorzonera glabra* Rupr. [26], *Knautia arvensis* (L.) Coult., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench. [27] и *Jurinea cyanoides* [28].

Переход в **имматурное** (*im*) возрастное состояние происходит к концу-середине лета. Имматурные особи формируют розеточный побег с диаметром розетки 5–6 см (по длине самого длинного листа 2,5–3 см). Листорасположение листьев из супротивного переходит в очередное. В розетке развивается 4–6 полувзрослых листьев, имеющих перисто-раздельную листовую пластинку, у которой крупные доли листа чередуются с короткими зубцами. Основание главного корня утолщается (до 2 мм), одновременно продолжается нарастание главного и боковых корней. В этом состоянии растение находится 1–1,5 месяца.

**Виргинильные особи** ( $v$ ) – стержнекорневые, однопобеговые, высотой 4–5 см. Количество листьев в розетке 4–6. Форма и размеры листьев достигают размеров листьев взрослой особи (длина 17–90 мм; ширина 4–60 мм). Листья взрослого типа дважды перисто-раздельные, с мелкими зубцами между крупными долями листа. В результате утолщения гипокотыля и основания главного корня формируется каудекс (3–4 мм диаметром), от его корневой части отходят боковые корни по толщине равные главному корню, который к этому времени уже начинает замедляться в росте. Каудекс, достигающий 1 см в длину, втягивается в почву. В этом возрастном состоянии растение уходит на первую перезимовку. По нашему мнению, вид проявляет экологическую пластичность и в разных климатических условиях ведет себя как летне-зимнезеленое – в Предгорье, и как летнезеленое растение – в популяциях, произрастающих на яйлах Крымских гор.

**Генеративный период.** К цветению способны растения 2-го года жизни. У **молодых генеративных** ( $g_1$ ) растений розеточный побег образует генеративные побеги максимум с 1–3 корзинками. Первым зацветает терминальный генеративный побег, затем к цветению приступают пазушные побеги. В типичном случае каудекс одноглавый. При развитии дву- (или многоглавого) каудекса каждый из них проходит индивидуальный путь развития. Всего развивается 1–3 флоральных побега, которые к концу вегетационного сезона отмирают, еще год сохраняясь на материнской особи. Количество листьев в розетке от 5–6 (7). Высота растения по генеративному побегу 5–12 см. Прирост длины каудекса за один год составляет около 1 см, его диаметр в этом возрастном состоянии 3–5 мм.

**Средневозрастные генеративные растения** ( $g_2$ ) достигают максимального развития. Высота растения 15–35 см. На каудексе развиваются боковые розеточные побеги, функционирующие 1–2 года. После цветения базальные части розеточных побегов входят в состав многолетней структуры каудекса, в результате чего каудекс становится многоосевым, в связи с чем провести четкие морфологические границы между разными вариантами онтобиоморф затруднено. В анатомическом строении побеговой части каудекса (корневища) проявляются признаки партикуляции, распространяющейся в центробежном направлении, что приводит к образованию центральной полости (рис. 3).

Длина каудекса 3–4 см, диаметр 5–7 мм. При благоприятных условиях боковые розеточные побеги способны развивать генеративные побеги уже в первый год своего развития. Количество генеративных побегов, образующихся за один вегетационный сезон, достигает 4–7. В случае многоглавого каудекса количество цветущих побегов значительно увеличивается (наблюдаемый максимум – 16 шт.). Число корзинок на одном генеративном побеге 3–7. При горизонтальном расположении каудекса в субгоризонтальном пространстве способны развиваться придаточные корни. Длительность пребывания в средневозрастном генеративном состоянии 1–2 (3) года.

Для **старых генеративных растений** ( $g_3$ ) характерно снижение интенсивности цветения. Число генеративных побегов уменьшается, они становятся схожими по структуре и высоте с молодыми генеративными особями. Высота растения колеблется от 10 до 15 см. Количество цветоносных побегов на одном каудексе 1–3.

Каудекс покрывается мощным слоем перидермы и отмершими основаниями листьев, достигая толщины 8–15 мм. Структура каудекса становится очень рыхлой, он легко распадается при попытке выкапывания, верхние ответвления каудекса (каудикеры в понимании Федорова и др., 1962) отмирают. Процессы партикуляции усиливаются, что особенно заметно у особей с многоглавыми каудексами, у которых распад тканей захватывает как побеговую, так и корневую части каудекса. Новых боковых розеточных побегов закладывается очень мало (1–2). В этом состоянии растение находится 1 год. Общая длительность генеративного периода 3–4 года.

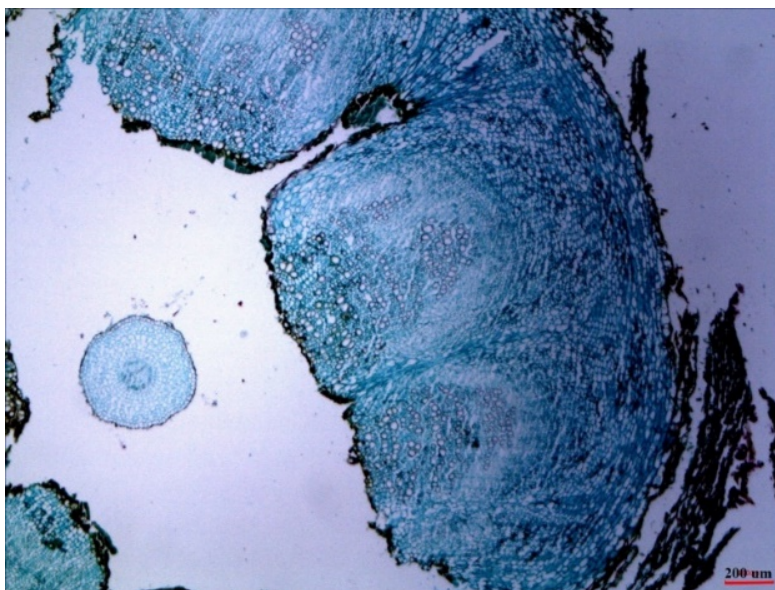


Рис. 3. Партикуляция в побеговой части каудекса (корневища) *Crepis purpurea*.

**Постгенеративный период.** До субсенильного возрастного состояния (ss) растения доживают редко и, не проходя заметного сенильного периода (s), как правило, выпадают из популяции в конце позднего генеративного возраста. Сенильные особи представлены остатками распадающегося каудекса, с несколькими малоразвитыми розеточными побегами и «полувзрослыми» (имматурными) листьями. В некоторых случаях при распаде каудекса розеточные побеги, имеющие придаточные корни, способны к самостоятельному существованию еще 1–2 года. Продолжительность постгенеративного периода 1 год.

Для особей *C. purpurea* характерен структурный тип поливариантности, при котором формируется 3 варианта онтобиоморфы – особи с одно-, дву- или многоглавым каудексом, которые к g<sub>3</sub> возрасту становятся трудно различимы без детального морфологического изучения, проходя следующие стадии развития (рис. 4).



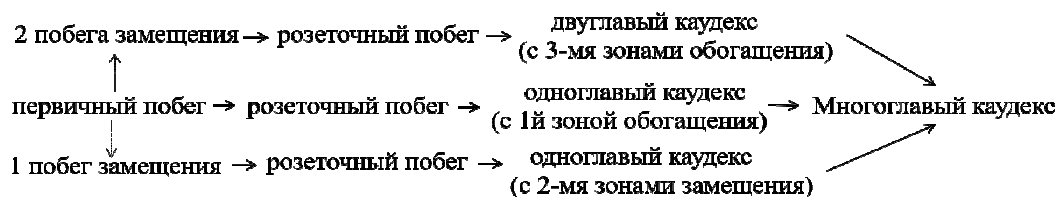


Рис. 4. Стадии развития *Crepis purpurea*.

Общая продолжительность жизненного цикла *C. purpurea* в среднем составляет 5–6 лет. В классификации основных типов онтогенезов растений онтогенез *C. purpurea* относится к А-типу и подтипу А 2, при котором весь жизненный цикл проходит одна вегетативно неподвижная особь в течение 3–30 (и более, если благоприятные условия) лет с осуществлением и постгенеративного периода. Таким образом, *C. purpurea* по типу биоморфы является слабо партикулирующим стержнекорневым поликарпиком (рис. 5).



Рис. 5. Онтоморфогенез особей *Crepis purpurea*.

Онторморфогенез особей *C. purpurea*. 1 – типичный вариант развития *j* особей; 2, 3 – поливариантные типы развития *j* особей; *a* – имматурный лист; *b* – виргинильный лист.

На основании знаний о ходе онтоморфогенеза *C. purpurea* была изучена онтогенетическая структура исследуемых популяций. Учет возрастных состояний проводился на пробной площади 100 м<sup>2</sup> в связи с неравносью площадей природных популяций. Общее число особей в популяциях колебалось от 9 до более 1000 особей. Основная роль в сложении популяций *C. purpurea* принадлежит прегенеративной (виргинильные особи) и генеративной фракциям – (средневозрастные генеративные особи). Из 11 исследуемых популяций только 3 являются полночленными (ЦП 2, 3, 4). Другие 8 популяций – неполночленные с выпадением прегенеративных (ЦП 10) и сенильных особей (ЦП 1, 5, 7) или обеих групп (ЦП 6, 8, 9, 11). Отсутствие в популяции растений прегенеративной фракции свидетельствует о нарушении процессов возобновления ЦП в определенных сообществах, что, в свою очередь, зависит как от качества и количества семенных зачатков в популяции, так и условий среды обитания.

Из исследованных 200 семян доля нормально развитых семян достаточно высока – 75 %. Однако исследование всхожести семян показало очень низкие значения (11 %) этого показателя для *C. purpurea*. Важную роль также играют особенности микрорельефа местности, в которой произрастают популяции. Так, например, с повышением угла крутизны склона существенно снижается как общее число особей в популяции, так и участие прегенеративной группы. Кроме того, аэрохорный тип распространения семян может играть негативную роль, в результате которого семена уносятся за пределы популяции и попадают в сообщества, где возможность их развития лимитирована. Таким образом, минимальная площадь популяций, соответствующая понятию «элементарная демографическая единица» [29], в которых обнаруживаются все характерные для *C. purpurea* онтогенетические группы, находятся в пределах 143–470 м<sup>2</sup>.

Базовый онтогенетический спектр изученных популяций *C. purpurea* бимодальный с пиком на виргинильных (v) и среднегенеративных особях (g<sub>3</sub>), что указывает на то, что, несмотря на сложности появления и неравномерность выживания проростков в разные годы, в популяциях приходит достаточное накопление прегенеративной фракции (рис. 6).

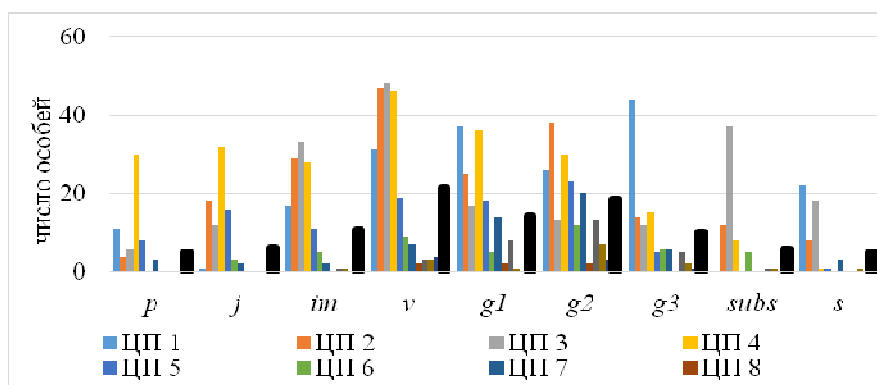


Рис. 6. Онтогенетические спектры популяций *Crepis purpurea*.

На основе соотношения онтогенетических состояний для популяций были рассчитаны онтогенетические индексы: индекс восстановления ( $I_v$ ), индекс старости ( $I_c$ ), индекс генеративности ( $I_r$ ), индекс возрастности ( $I_{\text{возраст}}$ ), коэффициент возрастности ( $\Delta$ ) и индекс эффективности ( $\omega$ ).

Согласно И. Н. Коваленко, при значениях индекса возрастности ( $I_{\text{возраст}}$ ) меньше 1 – в популяциях преобладают процессы деградации, больше 1 – преобладают инвазионные процессы. Таким образом, к первой группе ЦП *C. purpurea* относятся ЦП 1, 9 и 10 ( $I_{\text{возраст}}$  – 1,10; 1,00 и 1,50 соответственно), ко второй – принадлежит большинство ЦП (ЦП 2–8, 11), у которых значения  $I_{\text{возраст}}$  колеблется в пределах 0,00–0,68. В первую очередь низкие значения  $I_{\text{возраст}}$  указывают на достаточный пул прегенеративной группы и служат залогом стабильности популяции. С другой стороны, при расчёте  $I_{\text{возраст}}$  не учитывается генеративная группа, а в случае завершения жизненного цикла в  $g_3$  возрастном состоянии (что также характерно и для *C. purpurea*) может давать некоторые искажения в интерпретации индекса. Индексы генеративности ( $I_r$ ) для всех изученных популяций имеет достаточно высокие значения ( $I_r$  – 21,43 – 83,87).

Более детальная характеристика прослеживается при рассмотрении популяций в классификации «дельта-омега». В пространстве «дельта-омега» исследуемые популяции относятся к молодым (ЦП 2, 4, 5), переходным (ЦП 1, 3, 6), зреющим (ЦП 8, 11) и зрелым (ЦП 9, 10), (рис. 7). Отсутствие стареющих и старых групп популяций связано с коротким постгенеративным периодом *C. purpurea* и быстрым выпадением сенильных особей из популяции. В соответствии с классификацией Л. А. Жуковой, исследуемые ЦП относятся к нормальным, значения коэффициента возрастности находятся в пределах ( $\Delta$ ) – 0,23–0,51.

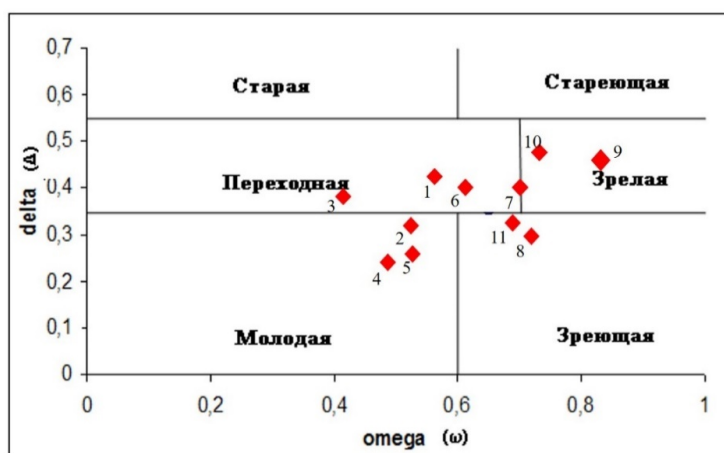


Рис. 7. Типы ценопопуляций *Crepis purpurea* по классификации «дельта-омега» (1–11– номера ценопопуляций).

Для исследования виталитетного анализа были выбраны наиболее переменные признаки – высота генеративного побега, длина и ширина листа.

Соотношение виталитетных классов показывает динамику увеличения участия «средних» и «высоких» классов (то есть от депрессивных к процветающим) при рассмотрении популяций от восточно-предгорных к западно-предгорным и далее – к яйлинским вариантам популяций (рис. 8). Так, к депрессивным относятся самая восточная (из обнаруженных) ЦП № 1, равновесными являются ЦП 2 и ЦП 3, произрастающие в восточном Предгорье (Белогорский район), а к процветающим принадлежат ЦП 4, 5, 7, 8, 10 и 11, обнаруженные в центральном Предгорье (Бахчисарайский район), на Чатырдаг-яйле и Гурзуфской яйле. Исключениями являются ЦП 6 (Бахчисарайский район) и ЦП 9 (Балаклавский район), которые находятся под дополнительной антропогенной нагрузкой (вблизи троп и пастбищ).

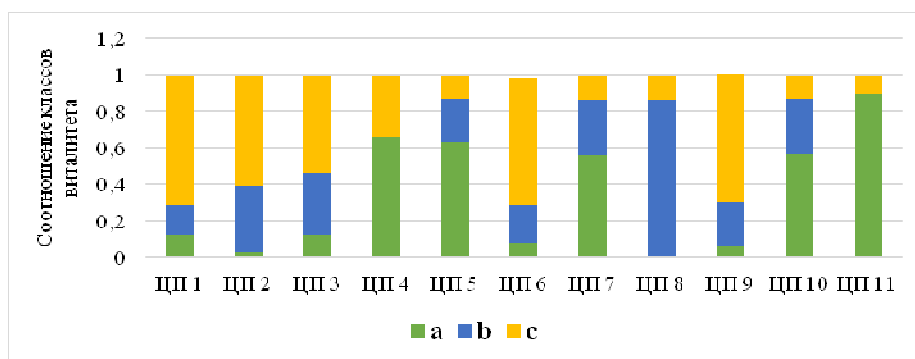


Рис. 8. Виталитетная структура ценопопуляций *Crepis purpurea*.

ЦП – ценопопуляция; *a* – высший класс; *b* – промежуточный класс; *c* – низший класс растений.

Наиболее заметна данная динамика при рассмотрении коэффициента качества популяции (*Q*). Повышение значений индекса *Q*, вероятно, зависит от повышения уровня осадков, связанных с изменением типов рельефа и высотности в различных точках западной и восточной частей Внутренней гряды, а также Главной гряды Крымских гор (рис. 9).

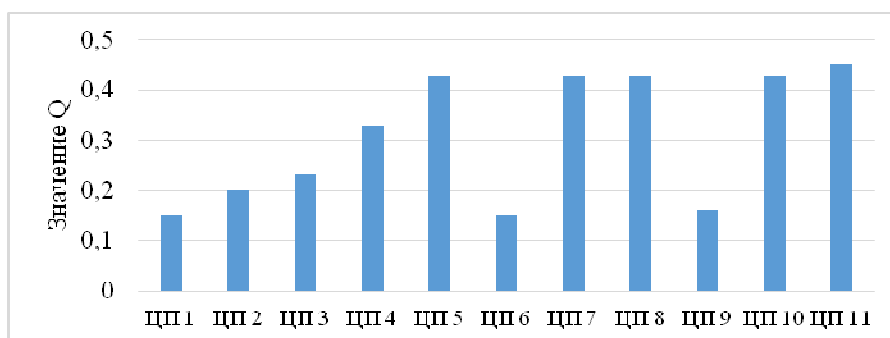


Рис. 9. Индекс виталитетного качества популяции *Crepis purpurea*.

Таким образом, в Предгорном Крыму *C. purpurea* ведет себя как ценофоб и развивает максимальные площади популяций на щебнисто-мергелистых склонах-подножьях с низким проективным покрытием травостоя, и приурочен к подножьям куэст и останцов Внутренней гряды Крымских гор. В этих условиях, как правило, формируются многочисленные (более 1000 особей), полночленные ЦП, с максимальной плотностью особей на 1 м<sup>2</sup>. Несмотря на благоприятные климатические условия произрастания на яйлах и южных склонах Главной гряды, о чем свидетельствуют высокие значения жизненности популяций, в этих условиях *C. purpurea* существует в виде небольших малоустойчивых популяций (низкая численность и плотность особей, неполночленность популяций) и, в силу ценофобности, легко вытесняется на более экстремальные экотопы – бровки скал, известняковые обрывы и очень крутые щебнисто-мергелистые склоны. К основным природным лимитирующим факторам развития популяций *C. purpurea* можно отнести эктопические (высокая подвижность склонов) и фитоценотические (высокое проективное покрытие травостоя).

Исследование пространственной структуры позволило выявить, что для большинства ценопопуляций *C. purpurea* характерен групповой тип распределения особей (значения  $I_o \geq 2$ ), сохраняющийся при различных площадях популяций, численности особей и типах сообществ. Исключениями являются ЦП 7 ( $I_o = 1,05$ ) и ЦП 8 ( $I_o = 1,86$ ), (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Характеристика пространственной структуры ценопопуляций *Crepis purpurea***

№ ЦП	Площадь ЦП, (м <sup>2</sup> )	Проективное покрытие <i>C. purpurea</i> , (%)	Численность особей <i>C. purpurea</i>	Плотность <i>C. purpurea</i> на м <sup>2</sup>	Индекс Одума ( $I_o$ )	Характер пространственной структуры
1	1,180	3%	Более 1000 особей	7,10	2,38	групповое
2	1,380	4%	Более 1000 особей	7,51	4,65	групповое
3	588	5%	Более 1000	8,03	2,41	групповое
4	4,897	5%	Более 1000 особей	8,00	3,87	групповое
5	470	3%	210	2,06	2,26	групповое
6	592	1%	35	1,16	4,79	групповое
7	143	2%	68	1,20	1,05	случайное
8	10	0,3%	6	0,23	1,86	случайное
9	10	0,5%	27	0,95	4,45	групповое
10	10	2%	12	0,56	3,36	групповое
11	5	0,5	9	0,33	3,17	групповое

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Crepis purpurea* по типу биоморфы – слабо партикулирующий стержнекорневой травянистый поликарпик с общей продолжительностью онтогенеза 5–6 лет (А–тип и подтип А 2), который проходит одна вегетативно неподвижная особь с осуществлением постгенеративного периода.

Для *C. purpurea* характерен структурный тип поливариантности с формированием 3 вариантов онтобиоморфы: особей с одно-, дву- или многоглавым каудексом.

Базовый онтогенетический спектр изученных популяций *C. purpurea* бимодальный с пиком на виргинильных (v) и зрелых генеративных особях (g<sub>3</sub>). В пространстве «дельта-омега» популяции относятся к молодым, переходным, зреющим и зрелым.

Особь *C. purpurea* тяготеет к групповому распределению в популяции, что подтверждается высокими значениями индекса Одума (2,26–4,65).

В виталитетных классах прослеживается динамика по увеличению «средних» и «высоких» классов от восточно-предгорных к западно-предгорным и далее – к яйлинским вариантам популяций.

## Список литературы

1. Злобин Ю. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения / Ю. А. Злобин, В. Г. Скляр, А. А. Клименко. – Симы: Университетская книга, 2013. – 439 с.
2. Абдулганиева Э. Ф. Фитоценотическая приуроченность и распространение *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb. [*Lagoseris purpurea* (Willd.) Boiss.] в Предгорном Крыму / Э. Ф. Абдулганиева, Л. П. Вахрушева // IV научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского». Том 2. – Симферополь, 2018. – С. 1248–1249.
3. Абдулганиева Э. Ф. Состояние популяции *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb. [*Lagoseris purpurea* (Willd.) Boiss.] на южной границе ареала (Турция) / Э. Ф. Абдулганиева, Л. П. Вахрушева // V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В. И. Вернадского» Ботаника и охрана растительного мира. – Симферополь, 2019. – С. 3–4.
4. Красная книга города Севастополя [Отв. ред. д. б. н., проф. И. В. Довгаль, д. б. н., проф. В. В. Корженевский]. – Калининград; Севастополь: ИД «РОСТ-ДООАФК», 2018. – 432 с.
5. Красная книга Республики Крым: Растения, водоросли и грибы / [Отв. ред. д. б. н., проф. А. В. Ена, к. б. н. А. В. Фатерыга]. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
6. Red Data Book of Turkish Plants (Pteridophyta and Spermatophyta) / [Edited by Ekim T., Koyuncu M., Vural M., Duman H., Aytac Z., Adiguzel N.]. – Ankara: Türkiye Tabiatını Koruma Derneği, Van 100. yıl Üniversitesi, 2000. – 246 с. (тип.).
7. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Appendix I – Strictly protected flora species / URL: <https://rm.coe.int/1680078aff> (Дата обращения: 20.04.2020).
8. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов // Труды Ботанического института им. В. А. Комарова. – 1950. – Сер. 3, вып. 6. – С. 7–204.
9. Уранов А. А. Возрастной спектр ценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Биологические науки. – 1975. – № 2. – С. 7–34.
10. Смирнова О. В. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / О. В. Смирнова, Л. Б. Заугольнова, И. М. Ермакова. – М.: Наука, 1976. – 216 с.
11. Злобин Ю. А. Принципы и методы изучения ценоценозов растений / Ю. А. Злобин. – Казань: Из-во Казанского университета, 1989. – 146 с.

12. Жукова Л. А. Морфологическая поливариантность онтогенеза в природных популяциях растений / Л. А. Жукова, Н. В. Глозов // Онтогенез. – 2001. – № 6. – С. 455–461.
13. Жукова Л. А. Онтогенезы и циклы воспроизведения растений / Л. А. Жукова // Журнал Общей биологии. – 1983. – Т. 44, № 3, – С. 361–374.
14. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. / Л. А. Жукова. – Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. – 224 с.
15. Жукова Л. А. О роли популяционно-онтогенетического подхода в развитии современной биологии и экологии. / Л. А. Жукова, А. А. Нотов // Вестник Тверского государственного университета. Биология и экология. – 2013 – Т. 32, № 31. – С. 293–330.
16. Коваленко І. М. Структура популяцій домінантів трав'яно-чагарничкового ярусу в лісових фітоценозах Деснянсько-Старогутського національного природного парку. Онтогенетична структура / І. М. Коваленко // Український ботанічний журнал. – 2005. – Т. 62, № 5. – С. 707–714.
17. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л. А. Животовский // Экология. – 2001. – № 1. – С. 21–33.
18. Злобин Ю. А. О неравноценности особей в популяциях растений / Ю. А. Злобин // Ботанический журнал. – 1980. – Т. 65, № 3. – С. 311–322
19. Одум Ю. Экология. / Ю. Одум. – М.: изд-во Мир, 1986. – Т. 1 – 328 с.
20. Ена Ан. В. Природная флора Крымского полуострова. / Ан. В. Ена – Симферополь: Н. Орианда, 2012. – 231с.
21. Голубев В. Н. Биологическая флора Крыма / В. Н. Голубев. – Ялта: ГНБС, 1996. – 126 с.
22. Черепанов С. К. *Crepis L.*, *Lagoseris M. V.* – Флора СССР – Т. 29. [Ред. Бобров Е. Г., Цвелёв Н. Н.]. / С. К. Черепанов. – М.; Л.: Наука, 1964. – 271 с.
23. Вульф Е. В. Флора Крыма / [Ред. Н. И. Рубцов, Л. А. Привалова]. – Ялта: Изд-во ГНБС, 1969. – Т. 3, вып. 3. – 393 с.
24. Никифоров А. Р. Особенности возрастного спектра популяций *Lagoseris callicephal* Juz. (Asteraceae) / А. Р. Никифоров // Бюллетень ГНБС. – 2017. – № 125. – С. 83–87.
25. Никифоров А. Р. Ритмологические различия в развитии растений *Lagoseris callicephal* и *Lagoseris purpurea* (Asteraceae) / А. Р. Никифоров // Бюллетень ГНБС. – 2016. – Вып. 118. – С. 58–63.
26. Лесина С. А. Онтогенез и экология произрастания *Scorzonera glabra* в Челябинской области / С. А. Лесина, Е. В. Коротева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 12. – С. 202–204.
27. Современные походы к описанию структуры растения / [Под ред. Н. П. Савиных и Ю. А. Боброва]. – Киров, 2008. – С. 275–282.
28. Пичугина Е. В. Биоморфология и структура ценопопуляций *Jurinea cyanoides* (L.) Reichenb. и *Dianthus arenarius* L. на северо-востоке европейской России в связи с их охраной: дисс. ... канд. биол. наук. / Е. В. Пичугина. – Киров, 2007. – 261 с.
29. Заугольнова Л. Б. Подходы и оценка состояния популяций растений / Л. Б. Заугольнова, Л. В. Денисова, С. В. Никитина // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 1993. – Т. 98, № 5. – С. 100–108.

## ONTOMORPHOGENESIS AND COENOPULATION STRUCTURE OF *CREPIS PURPUREA* (WILLD.) M. BIEB. IN CRIMEA

*Abdulganieva E. F.*

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

The study is devoted to ontomorphogenesis and the structure of coenopopulations of the rare species *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb., protected by the Red Data Book of Sevastopol, the Republic of Crimea, Turkey and I Appendix of the Berne Convention.

The duration, morphological and anatomical features of the age states in the pregenerative, generative and senile periods of *C. purpurea* ontogenesis are established. The total duration of ontogenesis is 5–6 years, which includes 4 ontogenetic periods and 9 age states. *C. purpurea* is characterized by the structural type of polyvariance with the formation of 3 ontobiomorphic variants: individuals with one-, two-, or many-headed caudex. The features and the period of the onset of anatomical partition in the shoot part caudex were revealed. Germination of *C. purpurea* seeds was determined.

The ontogenetic, vitality and spatial structure of 11 Crimean coenopopulations of *C. purpurea* were carried out. The lack of the pregenerative and senile individuals fractions is observed in coenopopulations. The basic ontogenetic spectrum of the studied populations is bimodal with a peak on virgin and mature generative individuals. The indices of renewability, generativeness, aging, the general age of the population, as well as the age indices of A. A. Uranov and the efficiency of L. A. Zhivotovsky were calculated for each population. In the vital structures there is a dynamic on the increase in the values of the index of vital quality of populations from the eastern foothills to the western foothills and further – to the mountain plateaus variants of populations. It was established that individuals of *C. purpurea* have a tendency to tend to a group type of distribution in the population. The data on areas of coenopopulations, the number and density of individuals of *C. purpurea* in the studied communities are presented.

**Keywords:** *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb., ontomorphogenesis, ontogenetic structure, vitality, spatial structure.

#### References

1. Zlobin Y. A., Sklyar V. G., Klimenko A. A. *Populations of rare plant species: theoretical foundations and research methods*, 263 p. (Universitetska kniga, Sumy, 2013).
2. Abdulganieva E. F., Vakhrusheva L. P. Phytocenotic confinement and distribution of *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb. [*Lagoseris purpurea* (Willd.) Boiss.] in the Foothill Crimea. *IV Scientific and Practical Conference of the Faculty, Graduate Students, Students and Young Scientists «Days of Science of the KFU named after V.I. Vernadsky»*. V. 2, P. 1248–1249, (2018).
3. Abdulganieva E. F., Vakhrusheva L. P. Population Status *Crepis purpurea* (Willd.) M. Bieb. [*Lagoseris purpurea* (Willd.) Boiss.] On the southern border of the range (Turkey). *V Scientific and Practical Conference of the Faculty, Graduate Students, Students and Young Scientists «Days of Science of the KFU named after V.I. Vernadsky»*. *Botany and plant protection*, P. 3–4, (2019).
4. *The Red Data Book of Sevastopol*. Ed. by Dr. Sci., Prof. I. V. Dovgal, Dr. Sci., Prof. prof. V. V. Korzhenevsky. 432 p., (Publishing House ROST-DOAFK, Kaliningrad, Sevastopol, 2018).
5. *Red book of the Republic of Crimea*. Plants, algae and fungi Ed. by Dr. Sci., Prof. Yena A. V. & Dr. Fateryga A. V., 480 p. (ARIAL LLC, Simferopol, 2015).
6. *Red Data Book of Turkish Plants (Pteridophyta and Spermatophyta)*, Edited by Ekim T., Koyuncu M., Vural M., Duman H., Aytac Z., Adiguzel N., 246 p. (Ankara, Türkiye Tabiatını Koruma Derneği, Van 100. yıl Üniversitesi, 2000).
7. *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Appendix I – Strictly protected flora species* / URL: <https://rm.coe.int/1680078aff> (date of the application: 20.04.2020).
8. Rabotnov T. A. *The Life Cycle of Perennial Herbaceous Plants in Meadow Cenoses*, Works of BIN AN SSSR, **3, 6, 7**. (1950).
9. Uranov A. A. Age range of coenopopulations as a function of time and energy wave processes, *Biological Sciences*, **2, 7** (1975).
10. Smirnova O. V., Zagolgova L. B., Ermakova I. M., *Plant populations (basic concepts and structure)*, 216 p. (Nauka, Moscow, 1976).



11. Zlobin Yu. A. *Principles and methods of studying coenotic plant populations*, 146 p (KGU Publishing House Kazan, 1989).
12. Zhukova L. A., Glotov N. V. The diversity of ontogenesis pathways in plant populations, *Ontogenesis*, **6**, 455 (2001).
13. Zhukova L. A. Ontogenesis and reproduction cycles of plants. *Journal of General Biology*, **44**, (3), 361 (1983).
14. Zhukova L. A. *Population life of meadow plants*, 224 p. (RIIK "Lanar", Yoshkar-Ola, 1995).
15. Zhukova L. A., Notov A. A. On the role of the population-ontogenetic approach in the development of modern biology and ecology, *Bulletin of Tver State University. Biology and ecology*, **32**, (31), 293 (2013).
16. Kovalenko I. M. The structure of the population, which dominant ground layer of woody of phytocoenosis at National natural park Desnyansko-Starogutsky. I. Ontogenetic structure, *Ukrainian Botanical Journal*, **62**, 5, 707 (2005).
17. Zhivotovskiy L. A. Ontogenetic states, effective density and classification of plant populations, *Ecology*, 21 (2001).
18. Zlobin Yu. A. On the inequality of individuals in plant populations, *Botanical Journal*, **65**, 3, 311 (1980).
19. Odum Yu., *Ecology*, 1, 328 p. (Mir Publishing House, Moscow, 1986).
20. Yena A. V. *Spontaneous flora of the Crimean Peninsula*, 232 p. (N. Orianda, Simferopol, 2012).
21. Golubev V. N. *The biological flora of the Crimea*, 126 p. (GNBS, Yalta, 1996).
22. Cherepanov S. K., Crepis L., Lagoseris M. B. *Flora of the USSR* (Ed. by Bobrov E. G., Tsvelev N. N), **29**, 271 p. (Nauka, Moscow, Leningrad, 1964).
23. Wulf E. V. *Flora of the Crimea* (Ed. by N. I. Rubtsov, L. A. Privalova), **3**, (3), 393 p. (Yalta: Publishing House of the GNSS, 1969).
24. Nikiforov A. R. Aging population repertoire features of *Lagoseris callicephala* Juz. (Asteraceae), *Bull. of the State Nikita Botan. Gard.*, **125**, 83 (2017).
25. Nikiforov A. R., Nikiforova A. A. Rhythmological differences in development of *Lagoseris callicephala* and *Lagoseris purpurea* (Asteraceae), *Bull. of the State Nikit. Botan. Gard.*, **118**, 58 (2016).
26. Lesina S. A., Koroteeva E. V. Ontogenesis and growing ecology of *Scorzonera glabra* in the Chelyabinsk region, *Bulletin of the Orenburg State University*, **12**, 202 (2011).
27. *Modern approaches to the description of the plant structure* Ed. N. P. Savinykh and Yu. A. Bobrov, 275 (Kirov, 2008).
28. Pichugina E. V. *Biomorphology and structure of coenopopulations of Jurinea cyanoides (L.) Reichenb. and Dianthus arenarius L. in the north-east of European Russia in connection with their protection*, 261 p. (Kirov, 2007).
29. Zaugolnova L. B., Denisova L. V., Nikitina S. V. Approaches and assessment of the state of plant populations, *Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Department of Biology*, **98**, 5, 100 (1993).

**УДК 57.084.1**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-18-32**

## **АНАЛИЗ ЛДФ-ГРАММ У КРЫС СТОКА WISTAR В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИПОКСИИ**

*Алистратова Ф. И.<sup>1</sup>, Торопова Я. Г.<sup>2</sup>, Осипова С. А.<sup>2</sup>, Васютина М. Л.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО СПбГУВМ, Санкт-Петербургский Государственный университет  
ветеринарной медицины, Санкт-Петербург, Россия*

*<sup>2</sup>ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: alistraatova@yandex.ru*

В работе исследовалось действие курса интервальной гипобарической гипоксии в режиме (-0,306 кг/см<sup>2</sup>) на показатели микроциркуляторной системы кожи крыс. Выявлено, что применение тренировок гипоксией обладает выраженным модулирующим эффектом на активные и пассивные механизмы регуляции тонуса сосудов кожи, в миогенном диапазоне (0,06–0,2 Гц) на 18,72 % (p<0,05) и пассивных частотных диапазонах (сердечного фактора (0,6–1,6 Гц) в ЛДФ-грамме испытуемых на 14,97 %. Также гипоксические тренировки способствуют активации и увеличению объема компенсаторно-приспособительного резерва организма, отмечено увеличение коэффициента вариации у животных подверженных ежедневному воздействию гипоксии на 62,5 % (p≤0,05), что делает перспективным дальнейшее их применение для мобилизации защитных свойств и повышения резистентности организма.

**Ключевые слова:** ЛДФ-граммы, микроциркуляторное русло кожи, гипоксия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Выполнение физических нагрузок или иных энергозатратных задач, зачастую, приводит к возникновению или может послужить причиной развития продолжительной хронической гипоксии [1, 2]. Однако, применение кратных дозированных экспозиций умеренной гипоксии может запустить процесс активации различных систем организма, а проведение курсового моделируемого гипоксического воздействия соответственно может упрочить данный эффект и способствовать расширению его компенсаторных возможностей [3].

Широко известно применение тренировок гипоксией или гипоксического прекондиционирования в клинической и адаптационной медицине [4].

В значительной степени признание получили методы естественного приспособления организма к условиям гипоксии: пребывание в горах в течение продолжительного времени, курсовое применение газовых смесей со снижением доли кислорода, а также моделирование гипоксии в барокамере. Перечисленные способы адаптации к дефициту кислорода объединяет, тот факт, что запуск компенсаторных реакций в организме происходит благодаря снижению парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе [5].

Обнаружено, что в условиях воздействия гипоксии в организме происходит ряд важных компенсаторных изменений, в том числе инициализация дыхательной и кардиальной систем, а также перестройка сосудистой системы, выраженная в снижении шунтирования крови в легких, расширение альвеолярной поверхности, увеличение числа регионарных сосудов, что стимулирует повышенное кровоснабжение сердца и печени, за счет уменьшения кровоснабжения скелетных мышц [6].

Изучены и экспериментально подтверждены молекулярно-генетические аспекты функциональных гемодинамических изменений. Например, применяется моделирование гипоксии для запуска гена HIF-1 (фактор, индуцируемый гипоксией 1), который способствует развитию компенсаторно-приспособительных процессов в организме в горах, в ходе восстановления организма после повреждений, малокровии, и в ходе онтогенеза [5].

Ранее была выяснена роль фактора, индуцируемого гипоксией в становлении адаптационного ответа. Главным образом, в экспрессии генов эритропоэтина, что способствует созданию и дифференцировке клеток-предшественников эритроидного ряда в центральном органе кроветворения; увеличению доли миоглобина, что приводит к стабилизации мембран клеток; активации образования VEGF (эндотелиального сосудистого фактора), который приводит неоваскуляризации, а также процессам ангиогенеза [7].

Указанные выше результаты мобилизации сердечно-сосудистой системы были изучены в различных органах, в том числе в отделах головного мозга, также отмечено усиление системы коронарных артерий и увеличение объема кровенаполнения сердца [3, 8].

В процессе формирования адаптивной реакции организма на воздействие гипоксии различного типа и режима значительное место отводится микроциркуляторному руслу [7].

Известно, что реакции сосудов микроциркуляторного русла на воздействие экзо- и эндогенных факторов имеют системный характер. Так перестройки в функционировании отдельных сосудов отражают сдвиг в функционировании нутритивных сосудов БКК (большого круга кровообращения) [9].

В ходе исследования применения гипоксических тренировок на организм человека и животных внимание ученых, в большей степени, было сосредоточено на изучении респираторной системы, роли гуморальной регуляции, перестройках в системе крови, а также особенностях адаптации центральной гемодинамики [4]. Однако, исследование особенностей функционирования и механизмов регуляции тонуса сосудов микроциркуляторного русла кожи, с использованием компьютерного спектрального анализа ЛДФ-грамм в доступной литературе не были обнаружены [4].

Существует значительное количество, прямых (инвазивных) и непрямых (не инвазивных) путей изучения работы сосудов нутритивного тока. В большинстве своем данные методы технически трудно осуществимы и имеют ограничения, поскольку адаптированы для интерпретации функционирования строго конкретного параметра [10].

Среди диагностических методов изучения тканевого кровотока наиболее перспективным и широко используемым считается лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ). Данная методика дает возможность изучить как индивидуальную адаптацию сосудов микроциркуляторного русла, так и раскрыть механизмы их регуляции. Описанная методика проста в своем исполнении и широко используется в исследованиях как у людей, так и у животных [11].

В связи с этим, в нашем исследовании было проведен анализ показателей микроциркуляции с использованием метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), поскольку его применение позволяет наиболее полно и точно изучить состояние микрогемодинамики, с выяснением ведущих механизмов регуляции, на примере тканей кожи исследуемых крыс, при воздействии гипоксии.

Цель: Методом лазерной доплеровской флоуметрии исследовать показатели периферического кровообращения и оценить динамику их изменений у крыс, с изучением частотных диапазонов кожного кровотока, в условиях ежедневных интервальных гипобарических тренировок.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследование проводилось на базе ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России. Работа была выполнена на взрослых крысах-самцах стока Wistar массой тела 210–235 гр. Животные случайным образом были распределены по группам в соответствии с применяемым к ним воздействием гипоксического фактора (табл. 1). Описание экспериментальных групп: животные группы Г (гипоксия) были подвержены ежедневному часовому воздействию гипобарической гипоксии. В группе П (псевдо-гипоксированные крысы) животные ежедневно помещались в гипобарокамеру, с включенным насосом, но изменение степени разрежения воздуха не происходило, так как герметизации камеры не было. Крысы группы К (контроль) не подвергались никакому экзогенному воздействию, и на всем протяжении исследования находились в виварии.

**Таблица 1**  
**Основные группы животных согласно применяемому к ним воздействию гипоксическим фактором**

Группа, n=10	Воздействие гипоксии
Контроль (К)	-
Псевдо-гипоксированные крысы (ПГК)	-
Гипоксия (Г)	+

Животные находились при стандартных условиях содержания в виварии для кормления применялся полнорационный комбикорм, питьевая вода, ad libitum, в условиях стандартного двенадцатичасового суточного свето-темнового цикла.

В ходе организации экспериментов следовали требованиям Всемирного общества защиты животных (WSPA) и Европейской конвенции по защите экспериментальных животных [12].

Исследования выполнялись в манипуляционной комнате непосредственно после проведения сеанса гипоксии при температуре 22–24 °С. Анализ воздействия интервальных гипобарических тренировок на микроциркуляцию кожного покрова проводился методом неинвазивного лазерного доплер-флоуметрического зондирования. Аппаратное обеспечение – лазерный анализатор капиллярного кровообращения «ЛАКК–02» производства ООО НПП «Лазма», г. Москва. Установка представлена блоком анализатора и многожильным световодным зондом, благодаря которому осуществляется взаимодействие между областью зондирования и каналами прибора. Перед началом осуществляли калибровку лазерного анализатора капиллярного кровотока. Эксперименты проводили на наркотизированных животных (анестетик изофлуран (Форан) и система анестезии SomoSuite. Наркотизированные крысы фиксировались в положении лежа на животе с отведенными в стороны конечностями (рис. 1).



Рис. 1. Крыса под действием анестетика-изофлурана, зафиксированная в положении лежа на животе с отведенными в стороны конечностями.

Областью измерений являлась внутренняя поверхность нижней тазовой конечности, датчик ЛДФ располагался на поверхности кожи. Продолжительность записи составляла 360 секунд. После достижения достаточной глубины наркоза, о чем свидетельствует отсутствие или значительное подавление «роговичного рефлекса», рефлекса на болевой раздражитель – щипок кожи на конечности

животного. Животное размещали на нагревательной платформе TSCAT-2LV (PHU SITEMP I nstruments Inc., США) для поддержания постоянной температуры тела на физиологическом уровне. Регистрацию параметров функционирования сосудов микроциркуляторного русла проводили с помощью поверхностного датчика (диаметр 10 мм) лазерного доплеровского флоуметра (ЛДФ) BSL 3.7 (Transonik Systems Inc., США). Запись и обработка данных производилась на ПК по средствам программы LDF 3.1.LAZMA 3.2.0.439. Были определены основные параметры базального кровотока и показатели микроциркуляции при воздействии 7-ми дневного курса интервальных гипобарических тренировок. Статистические показатели ПМ (постоянный параметр перфузии, п. ед.),  $\sigma$  (среднеквадратическое отклонение амплитуды колебания перфузии, п. ед.) и Kv (коэффициент вариации, %) предоставили возможность провести анализ общего состояния микроциркуляции крови. Также была проведена оценка амплитудно-частотного спектра колебаний перфузии. Значения амплитуд колебаний микрососудистого кровотока осуществляли по среднему квадратичному отклонению колебаний кровотока, а с помощью вейвлет-анализа (программа 2.2.0.507, НПП «Лазма», Россия) определяли нормированные амплитуды колебаний кровотока в диапазонах частот (эндотелиальный, обусловленный активностью оксида азота (0,0095–0,02 Гц); нейрогенный (0,02–0,06 Гц); миогенный (вазомоции) (0,06–0,2 Гц) и диапазон пассивных частот (сердечный (0,6–1,6 Гц), дыхательный (0,2–0,6 Гц) [13]. Измерение параметров микроциркуляции осуществляли 3 раза на следующих этапах эксперимента: до гипоксического воздействия – точка 0 (8 минут), на 1-ые сутки сразу после воздействия гипоксии (8 минут), и на 7-е сутки непосредственно после сеанса гипоксии (8 минут).

При зондировании ткани лазерным излучением, создаваемая амплитуда отраженного излучения устанавливается путем отражения сигнала от эритроцитов. Эритроциты двигаются с различной скоростью, их количественное размещение в капиллярах, артериолах, венах и АВА (артериоловеноулярных анастомозах) численно значительно различается. Поэтому, в методе лазерной доплеровской флоуметрии используется алгоритм усреднения, что дает возможность вычислить средний доплеровский сдвиг частоты по всему численному составу эритроцитов, которые непосредственно попадают в исследуемую область. Применение описанного алгоритма усреднения, позволяет, применяя ЛДФ – метод исследовать динамику тока эритроцитов. Сила отражённого сигнала является совокупностью одиночных отраженных сигналов, на каждом эритроците и потому тесно коррелирует с их численным содержанием. Полученная в результате ЛДФ – диагностики амплитуда, отраженного излучения является наилучшим отражением количественного и качественного состава эритроцитов [14].

Функциональная оценка тканевого кровотока может быть описана в следующей формуле:

$$PM = K \times N_{эр} \times V_{ср}, \quad (1)$$

где:  $PM$  – показатель микроциркуляции (амплитуда отраженного излучения в вольтах),  $K$  – коэффициент пропорциональности ( $K = 1$ ),  $N_{эр}$  – число эритроцитов,  $V_{ср}$  – средняя скорость эритроцитов в исследуемом поле.

Подведя итог вышесказанному, метод флоуметрии, используемый для оценки микроциркуляторного русла крови способен показать динамику изменения кровотока за единицу времени в заданном объеме [9].

У животных исследовали изменения уровня и спектра колебаний кожного микрокровотока после воздействия курса интервальных гипобарических тренировок.

Характеристика гипобарокамеры, используемой в эксперименте. Отрицательное давление в камере создавалось с помощью вакуумного насоса и составляло  $-0,306 \text{ кг/см}^2$ , что соответствует 3000 м над ур. моря. Корпус гипобарокамеры закрывали герметичной крышкой, после чего запускали вакуумный насос для создания условий пониженного барометрического давления. Давление в камере понижали ступенчато: первая ступень – высота 1000 м с разрежением воздуха ( $-0,1 \text{ кг/см}^2$ ), продолжительность 180 секунд; вторая ступень – 2000 м разрежение составляло ( $-0,21 \text{ кг/см}^2$ ) с той же продолжительностью; и последняя ступень – высота 3000 м, что соответствует разрежению ( $-0,306 \text{ кг/см}^2$ ). На вакуумметре регистрировали уровень разрежения. По завершении сеанса гипобарии отрицательное давление в камере сбрасывали, также ступенчато, но в обратном порядке, посредством запорного крана, установленного на герметичной крышке короба.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью стандартного пакета программ Microsoft Office 2013. Для оценки достоверности различий выборок с ненормальным распределением данных применяли знаковый ранговый критерий Уилкоксона, используемый для сравнения двух связанных (парных) выборок. Метод основан на рангах, поэтому не требовалась проверка распределения на нормальность. Для оценки значимых различий значений выборок при нормальном распределении использовали  $t$ -критерий Стьюдента. На нормальность распределения количественных значений в выборках проверяли с помощью критерия Лиллиефорса. Применяемые критерии позволили установить направленность изменений и их выраженность. Данные, приведенные в таблице, в виде медианы и интерквартильного размаха (25-й и 75-й процентиля): Me (25 %; 75 %), достоверное брали различие при уровне вероятности 95 % и более ( $p < 0,05$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходно значения показателя микроциркуляции и вейвлет-спектры у крыс во всех исследуемых группах не имели достоверных различий. Пример записи ЛДФ-грамм и вейвлет-спектра колебаний кровотока представлены на рисунке 2, рисунке 3.

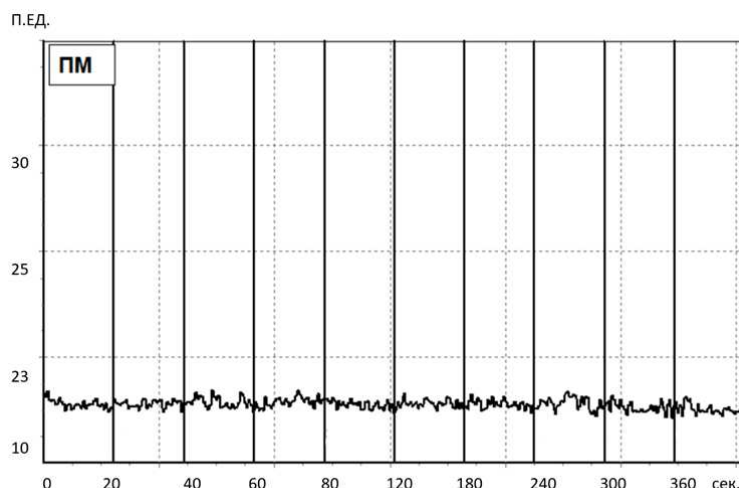


Рис. 2. Пример записи ЛДФ-граммы у крыс в исходном состоянии.

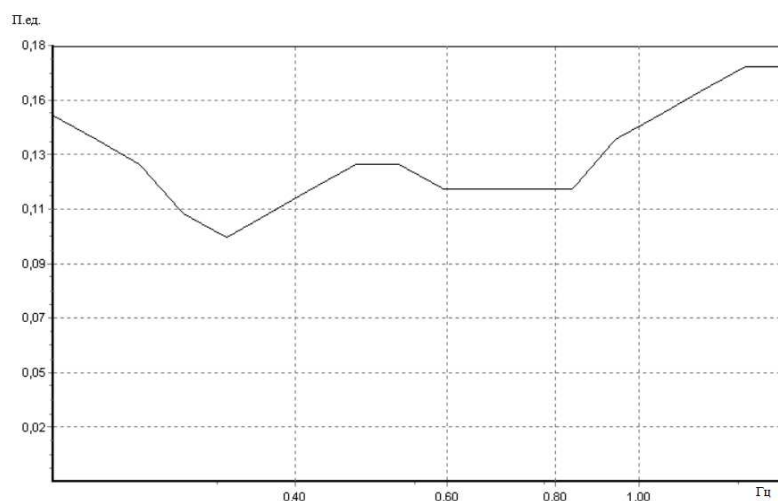


Рис. 3. Пример вейвлет-спектра колебаний кровотока сосудов кожи в исходном состоянии.

Проведение семидневного курса гипоксии не вызывало достоверных изменений показателя кожного кровотока у животных в группе К (контроль), и у животных в группе П (псевдо-гипоксированные крысы) (рис. 4).

Тем не менее, было установлено, что у крыс в группе Г (гипоксия) происходило повышение показателя коэффициента вариации на 62,5 % ( $p \leq 0,05$ ) на 7 сутки воздействия, которое может быть обусловлено запуском адапционных механизмов, необходимых для адекватного снабжения кровью клеток, тканей и органов. Выявленная динамика согласуется с известными данными, исходя их



которых воздействие гипоксического фактора на организм лабораторных животных [15], приводит к снижению числа функционирующих кровеносных капилляров поперечнополосатой мускулатуры в условиях дефицита содержания кислорода во вдыхаемом воздухе. Так же в условиях моделирования гипоксической газовой среды (16 %) на добровольцах была установлена динамика периферического кровообращения, наблюдали понижение линейных скоростных показателей микроциркуляции при воздействии гипоксии [16].

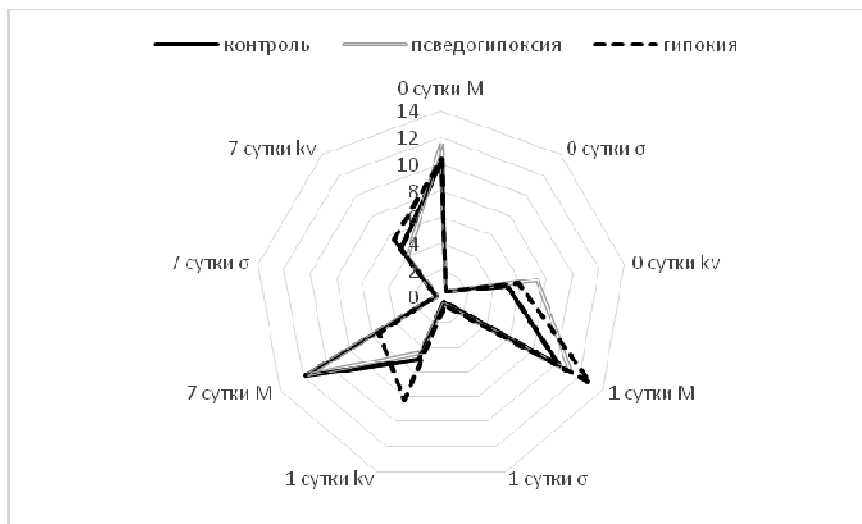


Рис. 4. Динамика изменения основных параметров микроциркуляции.

Факторы, регулирующие диаметр просвета сосудов подразделяются на две группы – это активные и пассивные факторы. К активным факторам микроциркуляции относятся: нейрогенный, эндотелиальный и миогенный. Эти факторы, напрямую оказывают генерализованное влияние на микроциркуляторное русло, тем самым модулируют ток крови со стороны сосудистой стенки и осуществляются с помощью мышечной составляющей. К пассивным факторам регуляции относят кардиальный или сердечный, представленный пульсовой волной со стороны артерий; второй фактор – дыхательный или респираторный, создаваемый присасывающим действием со стороны вен. Эти факторы регуляции кровотока оказывают регулировку вне системы микроциркуляции, но оказываются в кровотоке и могут быть обнаружены при проведении зондирования, поскольку сама система микроциркуляторного русла тесно связана со всем аппаратом кровообращения и локализована между артерий и вен [17].

Наблюдаемая динамика изменения работы регулирующих механизмов тонуса сосудов микрокровоотка у исследуемых крыс реализовалась в преобразовании параметров активных и пассивных факторов, регулирующих нутритивный ток крови. После однократного сеанса гипоксии, с изменением уровня разрежения

воздуха ( $-0,306 \text{ кг/см}^2$ ) было отмечено усиление частоты пассивных ритмов регуляции микрокровотка (сердечный) и активных (миогенный) [18].

При проведении анализа ЛДФ-грамм у крыс группы К (контроль) и П (псевдогипоксированные) не было установлено изменения параметра перфузии в микроциркуляторном русле испытуемых, в тот момент, когда в группе Г (гипоксия) (табл. 2) – ПМ (показатель микроциркуляции) достоверно снизился на 47 % ( $p < 0,05$ ) (табл. 2). Снижение (ПМ) параметра микроциркуляции у крыс в группе Г (гипоксия) говорит о том, происходит усиление мышечного тонуса прекапиллярных артериол, осуществляющих контроль притока крови в нутритивное русло. Данное обстоятельство является подтверждением того, что происходит снижение количества крови, которое поступает в капилляры и возможной централизации крови в сосуды центрального кровообращения (компенсаторная реакция) [19, 20].

**Таблица 2**  
**Основные параметры микроциркуляции, Me [25 %, 75 %]**

<u>Модель</u>		<u>Контроль(К)</u>	<u>Псевдогипоксированные (П)</u>	<u>Гипоксия (Г)</u>
ПМ(п.ед.) Me[25 %;75 %]	До воздействия	10,23[9,5; 10,91]	11,57[8,79; 12,1]	10,41 [6,1; 16,92]
	На 1 сутки	10,25 [ 8,61; 10,63]	11,28 [10,48; 11,35]	12,9 [10,38; 15,16]]*
	На 7 сутки	11,84 [10,07; 12,12]	11,67[10,31; 11,99]	5,42 [5,04; 6,9]*
Kv (%) Me[25 %;75 %]	До воздействия	5,07[4,59; 5,76]	7,35 [7,0; 7,5]	5,08[4,11; 7,69]
	На 1 сутки	5,0 [4,15; 5,68]	4,45 [3,75; 5,67]	4,86[3,71; 5,88]
	На 7 сутки	4,7 [3,8; 4,33]	3,98 [3,74; 4,07]	8,25 [4,27; 8,32]
$\sigma$ (п.ед.) Me[25 %;75 %]	До воздействия	0,51 [0,5; 0,53]	0,51 [0,47; 0,54]	0,51 [0,47; 0,54]
	На 1 сутки	0,41 [0,23; 0,58]	0,59 [0,54; 0,63]	0,64 [0,34; 0,89]
	На 7 сутки	0,35 [0,27; 0,42]	0,34 [0,27; 0,4]	0,46 [0,29; 0,64]

\* – по сравнению с исходным значением ( $p \leq 0,05$ )

*ПМ (п.ед.)* – средний арифметический показатель микроциркуляции; *Kv (%)* – коэффициент вариации,  *$\sigma$  (п.ед.)* – среднеквадратичное отклонение амплитуды колебания кровотока

Согласно данным вейвлет-анализа у животных контрольных групп К (контроль) и П (псевдо-гипоксированных) значимых изменений не обнаружено. Однако, у крыс группы Г (гипоксия) на 1-е сутки воздействия было отмечено усиление частоты амплитуды колебаний в миогенном диапазоне (0,06–0,2 Гц) на 18,72 % ( $p < 0,05$ ) и пассивных частотных диапазонов (сердечного, кардиального модулирующего фактора (0,6–1,6 Гц) в ЛДФ-грамме испытуемых на 14,97 % ( $p < 0,05$ ) (рис. 5), (табл. 2).

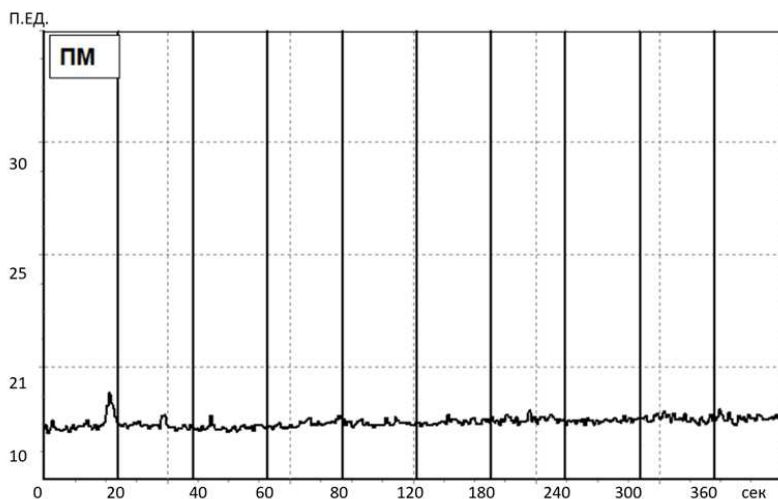


Рис. 5. Запись ЛДФ-граммы у крыс на 7-сутки воздействия гипоксии.

Подводя итог вышесказанному, результаты анализа ЛДФ-грамм (результаты вейвлет-анализа) и показателя микроциркуляции (ПМ) позволили установить значительную роль в возможном использовании метода ЛДФ-диагностики для оценки качества методов повышения адаптивных возможностей сосудов микроциркуляторного русла кожи и центральных сосудов.

Динамика частотных диапазонов сосудов нутритивного кровотока у крыс по истечении недельного курса интервальных гипобарических изменялась следующим образом: отмечено усиление роли пассивных факторов, главным образом пульсовой волны со стороны артериального звена, на 24 % ( $p < 0,05$ ) (рис. 6). Наблюдаемые изменения можно связать с усилением работы мышечных клеток в сосудистой стенке артериальных сосудов микроциркуляторной системы кожи, и как следствие усиление функционирования системы кровообращения.

Данные полученные в представленной работе согласуются с результатами исследований при моделировании кратковременной гипоксической тренировки с регистрацией (ПМ) показателя микроциркуляции (снижение, затем компенсаторное увеличение уровня перфузии) [16].

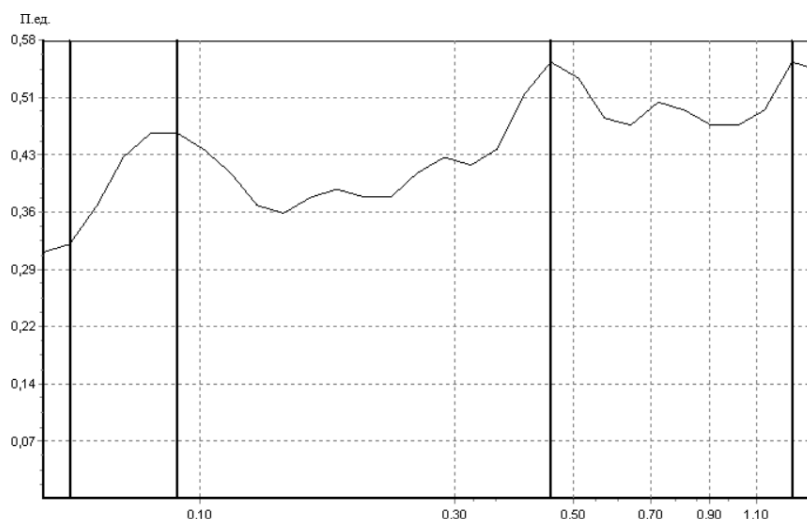


Рис. 6. Вейвлет-спектр колебаний кровотока сосудов кожи у крыс на 7-сутки воздействия гипоксии.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом лазерной доплеровской флоуметрии было исследована динамика показателей периферического кровообращения с проведением оценки изменений у крыс, с изучением частотных диапазонов кожного кровотока, в условиях ежедневных интервальных гипобарических тренировок. Таким образом, проведенный анализ состояния микроциркуляции и механизмов ее регуляции, на модели крыс, продемонстрировал положительное влияние интервальных гипобарических тренировок на функционирование системы микроциркуляторного русла кожи и расширение компенсаторного резерва, а также запуск адаптационных механизмов микроциркуляции в условиях моделирования разрежения воздуха. Полученные данные о реакциях артериального, обменного и веноулярного звеньев периферической микрогемодикуляции сосудов кожи открывают возможности избирательного воздействия на микрососуды с использованием прерывистой гипобарической гипоксии.

В результате проведенных исследований было установлено:

1. Применение интервального гипоксического воздействия способствует усилению микроциркуляции, показателя микроциркуляции (ПМ) на 1 сутки на 24,3 % ( $p < 0,05$ ).
2. В условиях воздействия гипоксии в развитии адаптивного ответа в части регуляции сосудистого тонуса задействованы как пассивные (пульсовая волна) увеличивались на 14,97 % ( $p < 0,05$ ), так и активные (миогенный фактор) увеличивались на 18,72 % ( $p < 0,05$ ), механизмы вклад которых равнозначен.

Список литературы

1. Соколов А. В. Прерывистая нормобарическая гипокситерапия в клинической практике // А. В. Соколов, Д. Р. Ракита, Н. Г. Кочеткова, В. Я. Гармаш // Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И. П. Павлова. – 2001. – №3–4. – С.166–172.
2. Weissmann N. Congenital erythropoietin over-expression causes “anti-pulmonary hypertensive” structural and functional changes in mice, both in normoxia and hypoxia. / Weissmann N., Manz D., Buchspies D. [et al.] // J.Thromb Haemost. – 2005. – V. 94, No. 10. – P. 630–638.
3. Меерсон Ф. З. Адаптационная медицина: механизмы и защитные эффекты адаптации / Ф. З. Меерсон // М.: Нурохиа Medical ltd., 1993. – 334 с.
4. Горанчук В. В. Гипокситерапия / В. В. Горанчук, Н. И. Сапова, А. О. Иванов // СПб: 000 «ОЛБИ-СПБ», 2003. – С. 536.
5. Masunaga S. Evaluation of hypoxic cell radio-sensitizers in terms of radio-sensitizing and repairinhibiting potential: dependency on p53 status of tumor cells and the effects on intratumor quiescent cells / Masunaga S., Uto Y., Nagasawa H. [et al.] //Anticancer Res. – 2006. – V. 26, No. 9, – P. 1261–1270.
6. Глазачев О. С. Адаптационная медицина: стратегия психофизиологического приспособления человека к критически измененной окружающей среде/ О. С. Глазачев, С. Ю. Крыжановская // Вестник Международной академии наук (Русская секция). – 2019. – №1. – С. 48–55.
7. Алешин А. И. Влияние адаптации к периодической гипоксии на течение идиопатических аритмий, микроциркуляцию и свертывание крови / А. И. Алешин, В. Б. Волович, М. Р. Забилов, В. В. Бурдаков, Я. И. Коц, Ф. З. Меерсон // Кардиология. – 1992. –Т. 32, № 4. – С. 35–38.
8. Раваева М. Ю. Показатели кардиореспираторной системы крыс при действии ацетилсалициловой кислоты в разных концентрациях / Раваева М. Ю., Чуян Е. Н., Миронюк И. С., Черетаев И. В., Колесник В. В., Пивоварчук А. В., Гришина Т. В., Ибрагимова Э. И. //Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6, № 1. – С. 150–161.
9. Крупаткин А. И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем. Колебания, информация, нелинейность / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров – М.: Либриком, 2013. – 496 с.
10. Flammer A. J. The assessment of endothelial function: from research into clinical practice / Flammer A. J., Anderson T., Celermajer D. S., Creager M. A., Deanfield J. [et al.] // Circulation – 2012. – V. 126 – P. 753–767.
11. Alistratova F. Dynamics of skin vessels microcirculation parameters in rats at the hypoxia / Alistratova F., Toropova Ya., Bulavinova N., Smirnova E. // International Scientific and Practical Conference "AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture". Сер. "KnE Life Sciences" – 2019. – С. 578–588.
12. Toropova Ya. G. Studying the effectiveness and safety of magnetically controlled delivery of magnetic nanoparticles on the model of an isolated rat heart / Ya. G. Toropova, V. D. Bogushevskaya, V. I. Mishanin, D. V. Korolev, K. G. Gareev // I. M. Sechenov Russian journal of physiology. – 2016. – 105(3) – P. 386–398.
13. Танканаг А. В. Применение вейвлет-преобразования для анализа лазерных доплеровских флуорограмм / А. В. Танканаг, Н. К. Чемерис // Материалы IV Всероссийского симпозиума «Применение лазерной доплеровской флоуметрии в медицинской практике». – Пущино, 2002. – С. 28–39
14. Li Z. Effect of prolonged surface pressure on skin blood flows in analgesic rats-evaluation by spectral analysis of laser Doppler flowmetry signals / Z. Li [et al.] // Physiol. Medical. Biol. – 2006. – 51.– P. 2681–2694.
15. Saldivar E. Microcirculatory changes in chronic adaptation to hypoxia / E. Saldivar [et al.] // Circ. physiology. – 2003. – 5. – P. 2064–2071.
16. Шахнович П. Г. Возможность коррекции показателей микроциркуляции в условиях гипоксии / П. Г. Шахнович, А. О. Иванов, Д. В. Черкашин, В. Ф. Беляев, А. С. Свистов, В. П. Андрианов, Е. С. Загаров // Вестник Российской Военно-медицинской академии – 2015 – № 3 (51) – С. 28–32.

17. Александрин В. В. Вейвлет-анализ мозгового кровотока у крыс / В. В. Александрин // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2010. – № 4 (36). – С. 63–66.
18. Winslow R. M. Variability of oxygen affinity of blood: human subjects native to high altitude / R. M. Winslow, C. C. Monge, N. J. Statham, C. G. Gibson, S. Charache [et al.] // N. Engl. J. Med. – 1971. – № 284. – P. 1298–1309.
19. Чуян Е. Н. Показатели кардиореспираторной системы крыс при действии ацетилсалициловой кислоты и ее комплексных соединений с металлами / Чуян Е. Н., Миронюк И. С., Раваева М. Ю., Черетаев И. В., Гришина Т. В. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72), № 2. – С. 267–280.
20. Yang T. Xenon and sevoflurane provide analgesia during labor and fetal brain protection in a perinatal rat model of hypoxia-ischemia / T. Yang [et al.] // PLoS one. – 2012. – Vol. 7. – P. 544–552.

## **ANALYSIS OF LDF-GRAMS IN WISTAR RUNOFF RATS UNDER HYPOXIA MODELING CONDITIONS**

*Alistratova F. I.<sup>1</sup>, Toropova Ya. G.<sup>2</sup>, Osipova S. A.<sup>2</sup>, Vasyutina M. L.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint-Petersburg, Russia*

<sup>2</sup>*Almazov national medical Research Centre, Saint-Petersburg, Russia*

*E-mail: alistratova@yandex.ru*

The aim of the study was to assess the dynamics of the change in peripheral blood flow parameters of the blood vessels of the microcirculatory bed of the skin, with an additional analysis of the change in the amplitude of the frequency ranges of cutaneous blood flow, in the conditions of daily interval hypobaric training by laser Doppler flowmetry.

The effect of interval hypobaric training course (seven days duration, exposure duration was 60 minutes) on the state of the microcirculatory bed of the skin was investigated to study the peculiarities of the formation and course of adaptive reactions in the vessels of the microcircuit.

An analysis of microcirculation indicators using LDF diagnostics was carried out. Hardware – laser analyzer of capillary circulation "LACC-02" manufactured by LLC NPP "Lasma," Moscow. The main basal blood flow indicators and microcirculation indicators were revealed when exposed to a 7-day course of interval hypobaric training. The statistical values of PM (constant perfusion parameter, units),  $\sigma$  (mean square deviation of amplitude of perfusion fluctuation, units) and Kv (coefficient of variation, %) provided an opportunity to analyze the general state of blood microcirculation. The amplitude-frequency spectrum of perfusion oscillations was also evaluated. With the help of a wavelet analysis (program 2.2.0.507, NPP Lasma, Russia), normalized amplitudes of blood flow fluctuations in frequency ranges were determined (endothelial due to nitric oxide activity (0.0095–0.02 Hz); neurogenic (0.02–0.06 Hz); myogenic (vasomosis) (0.06–0.2 Hz) and passive frequency range (cardiac (0.6–1.6 Hz), respiratory (0.2–0.6 Hz)). Measurement of microcirculation parameters was carried out 3 times at the following stages of the experiment: before hypoxic exposure – point 0 (8 minutes), on the 1st day immediately after hypoxia exposure (8 minutes), and on the 7<sup>th</sup> day immediately after

hypoxia session (8 minutes). The measurement area was the inner surface of the lower pelvic limb, the LDF sensor was located on the surface of the skin. The recording duration was 360 seconds.

The hypoxic effect used in the study was implemented using hardware – an experimental hypobarocamera, in which the necessary conditions were created (negative pressure ( $-0.306 \text{ kg/cm}^2$ )). The pressure in the chamber was reduced in stages: the first stage – a height of 1000 m with air dilution ( $-0.1 \text{ kg/cm}^2$ ), duration 180 seconds; second stage – 2000 m rarefaction was ( $-0.21 \text{ kg/cm}^2$ ) with the same duration; and the last stage is 3000 m high, which corresponds to a vacuum ( $-0.306 \text{ kg/cm}^2$ ).

A seven-day course of hypoxia did not cause significant changes in cutaneous blood flow in animals in group C (control), and in animals in group P (pseudo-hypoxic rats). However, it was found that in rats in group H (hypoxia) there was an increase in the coefficient of variation by 62.5 % ( $p \leq 0.05$ ) on the 7<sup>th</sup> day of exposure, this may be due to the launch of adaptation mechanisms, which are necessary to adequately supply blood to cells, tissues and organs. When analyzing LDF-grams in rats of group C (control) and P (pseudo-hypoxed), there was no change in the perfusion parameter in the microcirculatory channel, but in group G (hypoxia) – PM (microcirculation index) significantly decreased by 47 % ( $p < 0.05$ ). In animals of groups C (control) and P (psvedo-hypoxed), there were no significant changes, according to the data of the wavelet analysis. However, in group H rats (hypoxia) on the 1st day of exposure, there was an increase in the frequency of the amplitude of oscillations in the myogenic range (0.06–0.2 Hz) on 18.72 % ( $p < 0.05$ ) and passive frequency ranges (cardiac modulating factor (0.6–1.6 Hz) in the LDF-gram of the subjects on 14.97 % ( $p < 0.05$ ).

Summing up the above, the results of the analysis of LDF-grams and the microcirculation index (PM) made it possible to establish a significant role in the possible use of the LDF-diagnostic method to evaluate the quality of methods for increasing the adaptive capabilities of the vessels of the skin microcirculatory bed and also central vessels. The dynamics of the frequency ranges of the vessels of nutritive blood flow in rats after a weekly course of interval hypobaric changed as follows: the role of passive factors, mainly the pulse wave from the arterial link, was increased by 24 % ( $p < 0.05$ ). The observed changes can be related to the enhancement of muscle cells in the vascular wall of the arterial vessels of the skin microcirculatory system, and as a result, the enhancement of the functioning of the circulatory system.

By laser Doppler flowmetry, the dynamics of changes in peripheral circulatory indices were investigated with the assessment of changes in rats, with the study of the frequency ranges of cutaneous blood.

**Keywords:** LDF-grams, microcirculatory bed of the skin, hypoxia.

#### References

1. Sokolov A. V., Rakita D. R., Kochetkova N. G., Garmash V. Ya. Intermittent normobaric hypoxytherapy in clinical practice, *Rus. med. - Biol. Vestn. im. Akad. I. P. Pavlov*, **3(4)**, 166 (2001).
2. Weissman N., Mantsy D., Buchspies D., et al. Congenital overexpression of erythropoietin causes "anti-pulmonary hypertension" of structural and functional changes in mice, both in normoxia and hypoxia, *J Thrombinemost*, **94(10)**, 630 (2005).

3. Meerson F. Z. *Adaptive medicine: mechanisms and protective effects of adaptation*, 334 p. (M.: Hypoxia medical LTD., 1993).
4. Goranchuk V. V. *Hypoxytherapy*, 536 (SPb: 000 "ALBI-SPB", 2003).
5. Masunaga S., Uto Yu., Nagasawa H., et al. Evaluation of hypoxic cell radiosensitizers from the point of view of radiosensitizing and repairinhibiting potential: dependence on the p53 status of tumor cells and influence on intratumoral resting cells, *Antitumor RES*, **26**, **9**, 1261 (2006).
6. Glazachev O. S., Kryzhanovskaya Yu. Adaptive medicine: strategy of psychophysiological adaptation of a person to a critically changed environment, *Bulletin of the International Academy of Sciences* (Russian section) **1**, 48 (2019).
7. Aleshin A. I., Volovich V. B., Zabiroy M. R., Burdakov V. V., Kots Ya. I., Meerson F. Z. Influence of adaptation to periodic hypoxia on the course of idiopathic arrhythmias, microcirculation and blood clotting, *Cardiology*, **32** (**4**), 35 (1992).
8. Ravaeva M. Yu., Chuyan E. N., Mironyuk I. S., Cheretaev I. V., Kolesnik V. V., Pivovarchuk A.V., Grishina T. V., Ibragimova E. I. Indicators of the rat cardiorespiratory system under the action of acetylsalicylic acid in different concentrations, *Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **6** (**1**), 150 (2020).
9. Krupatkin A. I., Sidorov V. V., *Functional diagnostics of the state of microcirculatory and tissue systems. Fluctuations, information, non-linearity*, 496. (M.: Librikom, 2013).
10. Flammer A. J., Anderson T., Celermajer D. S., Creager M. A., Deanfield J., et al. The assessment of endothelial function: from research into clinical practice, *Circulation*, **126**, 753 (2012).
11. Alistratova F., Toropova Ya., Bulavinova N., Smirnova E. Dynamics of skin vessels microcirculation parameters in rats at the hypoxia, *International Scientific and Practical Conference "AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture". ser. "KnE Life Sciences"*, 578 (2019).
12. Toropova Ya. G., Bogushevskaya V. D., Mishanin V. I., Korolev D. V., & Gareev K. G. Studying the effectiveness and safety of magnetically controlled delivery of magnetic nanoparticles on the model of an isolated rat heart, *I. M. Sechenov Russian journal of physiology*, **105**(**3**), 386 (2016).
13. Tankanag A. V., Chemeris N. K. Application of wavelet transform for analysis of laser Doppler fluorograms, *"Application of laser Doppler flowmetry in medical practice"*, 28 (Pushchino, 2002)
14. Li Z. et. al. Effect of prolonged surface pressure on skin blood flows in analgesic rats-evaluation by spectral analysis of laser Doppler flowmetry signals, *Physiol. Medical. Biol.*, **51**, 2681 (2006).
15. Saldivar E. microcirculatory changes in chronic adaptation to hypoxia, *Circ. Physiology*, **5**, 2064 (2003).
16. Shakhnovich P. G., Ivanov A. O., Cherkashin D. V., Belyaev V. F., Svistov A. S., Andrianov V. P., Zagarov E. S. The Possibility of correction of microcirculation indicators in hypoxia, *Bulletin of the Russian Military medical Academy*, **3** (**51**), 28 (2015).
17. Alexandrin V. V. Wavelet analysis of cerebral blood flow in rats, *Regional blood circulation and microcirculation*, **4** (**36**), 63 (2010).
18. Winslow R. M., Monge C. C., Statham N. J., Gibson C. G., Charache S. et al. Variability of oxygen affinity of blood: human subjects native to high altitude, *N. Engl. J. Med.*, **284**, 1298 (1971).
19. Chuyan E. N., Mironyuk I. S., Ravaeva M. Yu., Cheretaev I. V., Grishina T. V., Indicators of the rat cardiorespiratory system under the action of acetylsalicylic acid and its complex compounds with metals, *Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **6** (**72**), **2**, 267 (2020).
20. Yang T. Xenon and sevoflurane provide analgesia during labor and fetal brain protection in a perinatal rat model of hypoxia-ischemia, *PLoS one.*, **7**, 544 (2012).



**УДК 578.08**

## **БИОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ТАКСОНОВ ВИКИ (*VICIA* L., *FABACEAE* LINDL.), РАСПРОСТРАНЕННЫХ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ**

*Асадова К. В., Аскеров А. М.*

*Институт Генетических Ресурсов НАН Азербайджана, Баку, Азербайджанская республика  
E-mail: esedzadeo@gmail.com*

Впервые изучены биоморфологические признаки у некоторых таксонов рода вики (*Vicia* L.) современной флоры Азербайджана, статусы которых является дискуссионными. Были представлены результаты образцов семян и около 200 образцов гербариев 17 таксонов вики (*V. monantha*, *V. peregrina*, *V. sativa* subsp. *nigra*, *V. sativa* subsp. *sativa*, *V. tetrasperma*, *V. tenuifolia* subsp. *variabilis*, *V. sativa* subsp. *cordata*, *V. elegans*, *V. nissoliana*, *V. grandiflora*, *V. lutea*, *V. villosa* subsp. *varia*, *V. bithynica*, *V. pannonica*, *V. abbreviata*, *V. hirsuta*, *V. narbonensis*), собранных на 29 маршрутах из разных регионов Азербайджана в 2015–2017 гг., распределение на основе их описательных данных, оценка на основе морфологических и экологических показателей. Эти таксоны относятся к 7 секциям: *Cracca*, *Faba*, *Vicia*, *Hypochusa*, *Atossa*, *Ervum*, *Peregrinae*. Проведена экологическая оценка таксонов вики по климатическим параметрам.

**Ключевые слова:** таксон, род, вика, биоморфология, секция, кластер, ареал.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Вика (*Vicia* L.) является одним из наиболее распространенных родов *Fabaceae* Lindl. класса Magnoliopsida. Виды, включенные в род, распространены по всему северному полушарию, включая средние горные пояса в Азербайджане.

Вика (*Vicia* L.) – одна из самых качественных двух- и многолетних трав. Представители рода являются ценными кормовыми, пищевыми, декоративными растениями. Они содержат много белков. Сухая и зеленая масса лучше используется животными [1].

Морфологические признаки играют важную роль в систематике видов вики, а также в разработке ключей для определения. Цитологические исследования показывают, что род имеет набор хромосом  $2n = 10, 12, 14, 16, 18, 28$  [2–4].

Вика была впервые описана К. Линнеем [5]. В мировой флоре насчитывается 200 видов вики [4] и 41–43 таксонов вики в Азербайджане [6]. Хотя разные классические ботаники на Кавказе высказывали интересные идеи о роде *Vicia* L., его классификации и типах в Азербайджане, Б. А. Федченко дал первую комплексную систему этого рода в издании «Флора СССР». Он разделил этот род на 3 подрода, 4 секции, 31 ряд. 41 видов вики Азербайджана сгруппирован в 3 подрода, 20 рядов [7].

Хотя Гроссгейм описал род Вики «Кавказской флоры», он принял систему Федченко. Он отметил, что в мире насчитывается 150 видов вики, 48 диких видов и однокультивируемый вид на Кавказе [8].

В 1970 году дагестанский ботаник А. Д. Раджи опубликовала статью кавказский вид рода *Vicia* L. В собственной предложенной системе Раджи приняла большое количество подсекции и серий (*Seriaes*) внутри секции, используя деление рода на подроды. Она показала распространение в общей сложности 36 видов этого рода и сгруппировала их в 3 подроды, 8 секции, 19 подсекции и 12 серий [9]. В этой системе 28 диких и 1 культивируемый вид Азербайджана были разделены на 3 подроды, 8 секции, 16 подсекции и 11 серий.

В 80-х годах 20 столетия российский ботаник Н. Н. Цвелев обработал систему распространения рода *Vicia* в Восточной Европе. Здесь также принято деление родов на подроды. Кавказ, включая Азербайджан, также отражен в этой системе. Он разделил род *Vicia* на 3 подроды (*Cracca*, *Ervum* и *Vicia*) и секции (*Oroboidea*, *Cracca*, *Lenticula*, *Ervum*, *Ervilia*, *Sepium*, *Hypechusa*, *Vicia*, *Lathyroides*, *Pseudolathyrus* и *Faba*), дал ряд Раджи в подсерии и описал несколько новых секций (*Oroboidea*, *Lenticula*, *Ervilia*, *Hypechusa*, *Lathyroides* и *Pseudolathyrus*).

В 1987 году Н. Н. Цвелев усовершенствовал систему рода вики, которую он предложил ранее во «Флоре европейской части СССР» [4].

Систематические роды турецкой флоры *Vicia* L. были изучены П. Дэвисом и У. Плитманом [2]. В этой системе виды вики были распределены на 3 группы. Турецкие виды были сгруппированы в 58 диких и 1 культурный вид в 3 группах, азербайджанские виды были сгруппированы в 26 диких и 1 культурный вид в 3 группах.

Единственное таксономическое исследование всего рода было проведено Ф. К. Купичей на мировом уровне [3, 10, 11]. Купича упомянула этот род трибы *Vicieae* в «Таксономических исследованиях в трибы *Vicieae* (*Leguminosae*)» и дала информацию об 11 секций рода.

Хотя в многотомном издании «Флора Азербайджана» был описан 41 дикий вид, 1 культурный вид, в «Растительном мире Азербайджана» А. Аскерова была предоставлена информация о 43 диких видах и 1 культурном [12, 13], внутривидовая систематика рода и биоморфологическое разнообразие широко не изучены.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2015–2017 гг. в отделе Экоботаники и систематики Института Генетических Ресурсов под руководством А. Аскерова в экспедициях по 29 маршрутам из разных регионов Азербайджана были собраны 17 таксонов (около 200 гербарных образцов и семян) вики.

Кроме того, коллекции Гербариевых Фондов Института Ботаники НАНА, Института Генетических Ресурсов (AGRI) и Институт ботаники Республики Грузия (ТБИ) были изучены в качестве материала исследования.

Поскольку наиболее широко принятой классификацией рода *Vicia* L. является классификация Купича, мы использовали эту схему классификации в нашей работе [11].

Определение номенклатурных вопросов основано на Международном ботаническом кодексе [14, 15]. При определении видов и идентификации их номенклатуры были использованы «Флора Азербайджана» и книги А. Аскерова [6, 12], при анализе других особенностей были использованы классификации К. Раункиера [16] и И. Г. Серебрякова [17].

В исследовании использовались сравнительно-морфологические [18–22] флористические [23], биоморфологические, систематические [24, 25] фитоценологические и экспериментальные методы [26]. С помощью программы SPSS Win (SPSS 16.0) был проведен таксометрический (фенетический) анализ таксонов вики.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение таксонов вики основано на пяти основных ботанико-географических регионах Азербайджана:

1. Большой Кавказ, 2. Малый Кавказ, 3. Кура-Аракс, 4. Талышский район, 5. Нахичеван. Было установлено, что вика более широко распространена в регионе Большого Кавказа Азербайджана (34 таксона). 27 таксонов вики распространены в Талышской области, 26 в Малом Кавказе, 24 в Нахичеване и 12 таксонов в Кура-Араксе. В различных регионах Азербайджана было отобрано 29 маршрутов для исследования таксонов вики, отличающихся определенными биоэкологическими характеристиками и были закодированы для идентификации.

Как видно из таблицы 1, большинство таксонов было собрано с лугов (13 таксонов), а несколько видов, с посевных площадей (2 таксона). Проведена экологическая оценка таксонов вики по климатическим параметрам. Было обнаружено, что на минимальной высоте (-20 м н.у.м.) наблюдалось *V. sativa* subsp. *cordata* из Апшеронского района, поселка Горадил и *V. bithynica* в Масаллинском районе, территория села Текле (-25 м н.у.м.). На максимальной высоте из Лерикского района, села Мистан (1723 м н.у.м.) была собрана *V. peregrina*; из Ордубадского района, село Парага (1644 м н.у.м.) были собраны *V. elegans* и *V. nissoliana*.

17 таксонов были отобраны для фенетического (таксометрического) анализа таксонов вики в ходе 29 экспедиционных исследований (в 2015–2017 гг.). По крайней мере два образца были изучены из каждой популяции, и каждая популяция была помечена как оперативная таксономическая единица (ОТЕ). Для биоморфологического анализа были отобраны 31 количественные и качественные характеристики (табл. 2).

**Таблица 1**  
**Эколого-географическая информация таксонов *Vicia* L., собранных в районе исследований**

№	Название собранных таксонов	Вегетационный период	Экологические группы	Места сбора с кодом местности	Координаты
1	<i>V. monantha</i> subsp. <i>monantha</i>	Цв. Апрель-Май; Пл. Апрель-Июнь	Ксерофит	Апшеронский район, Сельскохозяйственный институт, посевная площадь; AZE15A1M1	N 40°31'951; E 49°52'576; H 12,5 м
				Апшеронский район, село Мухаммеди, Природный заповедник Янардаг, луг; AZE16A1-2M2	N 40°29'791; E 49°53'672; H 54 м
				Агдашский район, село Агчаязы, правый берег Турянчай; AZE17K9M3	N40°42'972; E 47°33'010; H 107 м
2	<i>V. peregrina</i>	Цв. Апрель-Май; Пл. Июнь	Ксерофит	Лерикский район, село Галасар, вокруг святылища Ovon; AZE15Q3M4	N 38°41'26.6 E 48°23'53.7; H1357 м
				Лерикский район, село Мистан, луг; AZE16B2M5	N 38°39'003; E 48°24'940; H1723 м
				Габалинский район, село Амирван, берег реки; AZE17Z9M6	N40°81'906; E 47°88'421; H 535 м
3	<i>V. sativa</i> subsp. <i>nigra</i>	Цв. Май; Пл. Май - Июнь	Ксерофит	Лерикский район, село Зарингала, заповедная зона; AZE15LZM7	N 38°40'47.5 E48°22'48.5; H1442 м
				Шамахинский район, шоссе Шамахи-Агсу, на дорогах; AZE16D6M8	N 40°38'550; E 48°28'450; H 794 м
				Кюрдамирский район, село Гарис-Айрибанд, луг; AZE17K2M9	N40°20'574; E 48°22'548; H 8 м

Продолжение таблицы 1

4	<i>V. sativa</i> subsp. <i>sativa</i>	Цв. Май; Пл. Май - Июнь	Мезофит	Лерикский район, село Галасар, берег реки; AZE15Q2M10	N 38°41'22; E48°23'45.6;H 1329 м
				Бинагадинский район, село Мехтиабат, на дорогах; AZE16A1- 1M11	N 40 <sup>0</sup> 28' 480; E 49 <sup>0</sup> 51' 195; H 3 м
				Масаллы р., село Шарафа, на дорогах; AZE17M1M12	N39°05'208; E 48°67'377; H -15 м
5	<i>V.</i> <i>tetrasperma</i>	Цв. Май; Пл. Май - Июль	Мезоксеро фит	Лерикский район, село Хамармеша, на опушке леса; AZE15L1M13	N 38°44'52; E 48°35'51; H 351 м
				Хызинский район, дорога, к Алтыгачу, побережье Атачай, река; AZE16E6M14	N 40 <sup>0</sup> 53'07; E 48 <sup>0</sup> 57'06; H 927 м
				Масаллинский район, село Шихлар, вокруг реки Виляш; AZE17M2M15	N38°58'48; E 48°33'54; H 98 м
6	<i>V. tenuifolia</i> subsp. <i>variabilis</i>	Цв. Май - Июнь Пл. Июнь	Мезоксеро фит	Закатальский район, село Юхари Тала, Парзиванская территория, придорожная полоса; AZE15Z02M16	N 40°47.462' E45°35.636';H 1130 м
				Хызинский район, территория Чистый- Ключ, поляна; AZE16E8M17	N 40 <sup>0</sup> 49'27; E 48 <sup>0</sup> 52'43; H 1529 м
				Огузский район, село Дашагил, лес; AZE17Z7M18	N41°14'513; E 47°42'252;H 1010 м
7	<i>V. sativa</i> subsp. <i>cordata</i>	Цв. Апрель- Май; Пл. Май - Июнь	Мезофит	Апшеронский район, поселок Горадил, посевная площадь; AZE16A16M19	N 40°33'562; E 49°49'631; H -20 м

8	<i>V. elegans</i>	Ксерофит	Ксерофит	Ордубадский район, село Парага, предгорья; AZE16E1-1M20	N 39° 5'10; E 45°55'13; H 1644 м
9	<i>V. nissoliana</i>	Цв. Июнь; Пл. Июль	Мезоксеро фит		
10	<i>V. grandiflora</i>	Цв. и Пл. Май	Мезофит	Хызынский район, село Вардах, луг; AZE16E4M21	N 40° 54'412; E 48°56'046;H 1217 м
11	<i>V. lutea</i>	Цв. и Пл. Май- Июнь	Мезофит	Шамахинский район, село Сагьян, на дорогах; AZE16C4M22	N 40°38'550; E 48°28'450; H 794 м
				Шамахинский район, село Медраса, луг; AZE17K18M23	N40°38'650; E 48°36'061; H 696 м
12	<i>V. villosa</i> subsp. <i>varia</i>	Цв. иПл. Май	Мезофит	Габалинский район, село Малый Пирали, луг; AZE17Z3M24	N40°92'637; E 47°76'994; H 382 м
13	<i>V. bithynica</i>	Цв. Май; Пл. Май - Июнь	Мезофит	Масаллинский район, село Текле, вокруг железнодорожного вокзала; AZE17M5M25	N39°07'41; E 48°40'08; H -25 м
14	<i>V. pannonica</i>	Цв. Май - Июнь; Пл. Июль	Мезофит	Габалинский район, село Еникенд, луг; AZE17Z4M26	N40°84'938; E 47°85'043;H 589 м
15	<i>V. abbreviata</i>	Цв. Май - Июнь; Пл. Июнь - Июль	Мезоксеро фит	Шекинский район, село Киш, лес; AZE17Z11M27	N41°25'885; E 47°18'615; H 995 м
16	<i>V. hirsuta</i>	Цв. иПл. Май	Ксерофит	Кусарский район, село Судур, луг; AZE17V2M28	N 41°33'246; E 48°16'599; H 1298 м
17	<i>V. narbonensis</i>	Цв. Апрель- Май; Пл. Май- Июль	Мезофит	Шамахинский район, село Мирзандия луг; AZE17K20M29	N 40°34'737; E 48°43'648; H 584 м

Таблица 2

Биоморфологические признаки, выбранные для фенетического  
(таксометрического) анализа

№	Признаки	Изменчивость признаков
1	Экобиоморфа растения	Однолетник (0); двухлетний(1); многолетник(2)
2	Биотоп растения	Лесо-луговые (0), кустарник (1), придорожный (2), сад и виноградник (3), посевные площади (4), берег реки (5), горный склон (6)
3	Рост стебля	5–30 см (0); 15–60 см (1); 60–80 см (2); 80–100 см (3)
4	Строение стебля	Края гранистые (0), бороздчатый (1), округлые (2)
5	Форма стебля	тонкий или ниткообразный (0), крепкий (1), снаружи густо- (2) или редко-волосистый (3), голый (4), беловато-пушистый (5)
6	Положение стебля	восходящий (0) , ползучий (1), лежащий (2)
7	Строение оси листа	разветвленными усиками (0); простыми усиками (1), остроконечная (2); иногда заканчивается одним листочком (3)
8	Форма прилистника	полустреловидный зубчатый (0); полустреловидный ланцетный (1), копьевидный (2), яйцевидный (3), стреловидный(4)
9	Строение листочка	Обе поверхности волосистые (0), верхняя поверхность волосистая (1), нижняя поверхность волосистая (2), голая (3), волосистая только по жилками(4), волосистами жилками (5)
10	Форма листочка	Эллиптическая-широко-эллиптическая (0), продолговато-линейная (1), продолговато-овальная (2), обратно-яйцевидная (3), сердцевидная (4), ланцетно-продолговатая(5)
11	Количество листочка	1–5 пар (0); 3–10 пар (1); 7–15 пар (2)
12	Длина листочка	0,8–1,2 см (0); 1,2–2,5 см (1); 3–4 см (2); 2–5 см (3)
13	Ширина листочка	0, 1–0,3 см (0); 0,2–0,6 см (1); 0,6–1,5 см (2), 2–2,5 см (3)
14	Положение цветка	На короткой ножке (0), на длинной ножке (1), без ножки, в пазухах листа (2)
15	Расположение соцветия	По одному (0), в виде кистя (1)
16	Количество цветов в соцветии	1–2 (0), 2–3 (1), кисть многоцветковый (2)
17	Длина короны	0,3–0,6 см (0), 0,8–1,5 см (1), 1,5–2 см (2), 2–3 см (3)
18	Цвет короны	Желтая (0), красная (1), фиолетовая (2), голубая (3), синяя (4), грязно- или темно-фиолетовый (5), красновато-фиолетовая (6), синеватая (7), желтовато-оранжевая (8), ярко-фиолетовая (9), бледно-голубая (10)

## Продолжение таблицы 2

19	Форма паруса (флага)	Снаружи пушистый (0), снаружи голый (1), сердцевидно-обратно-яйцевидный (2), цельный (3), с выемкой (4)
20	Форма чашечки	Одинаково зубчатая (0), неодинаково зубчатая (1)
21	Состояние бобов	На короткой ножке (0), на длинной ножке (1), без ножки, в пазухах листа (2)
22	Строение бобов	Цилиндрический (0), редко четковидный (1), клиновидный (2), ромбический (3), узко-линейный (4), продолговато-ромбический (5), широко-линейный (6)
23	Форма бобов	Сверху мягко пушистый (0), густоволосистый (1), голый (2), сверху жилками (3), прижатоволосистый (5)
24	Длина бобов	0,09–1,5 см (0), 1,5–2,5 см (1), 2–3,5 см (2), 3,5–4 см (3), 5–6 см (4)
25	Ширина бобов	0,3–0,4 см (0), 0,5–0,8 см (1), 0,7–1,2 см (2), 1–1,5 см (3)
26	Цвет бобов	Черный (0), темно-бурый (1), темно-коричневый (2), желтый соломенный (3), светло-коричневый (4), зеленовато-коричневый (5)
27	Строение семени	Длинный разрез охватывает половину семян (0), короткий узкий разрез (1), короткий широкий разрез (2), разрез охватывает одну треть семени
28	Форма семени	Сферическая-сжатая сферическая (0), продолговатая (1), гранистая (2), овальная (3), кругло-продолговатая (4)
29	Количество семян	Двусемянный (0), многосемянный (1), 3–6 семянный (2), 6–8 семянный (3), около 10 семян (4)
30	Размер семени	0,2–0,3 см (0), 0,3–0,9 см (1)
31	Цвет семян	Черно-бурый (0), темно-коричневый (1), черно-бархатный (2), темно-зеленый (3), коричнево-бархатный (4)

Было измерено не менее 2–3 выборочных параметров, взятых из каждой популяции, и была рассчитана средняя оценка. На основании полученных результатов с помощью метода кластерного анализа был проведен таксонометрический анализ.

Анализ проводился с помощью программы SPSS Win (SPSS 16.0). Фенетическая (таксонометрическая) связь между таксонами *Vicia* L. показана на рис. 2.



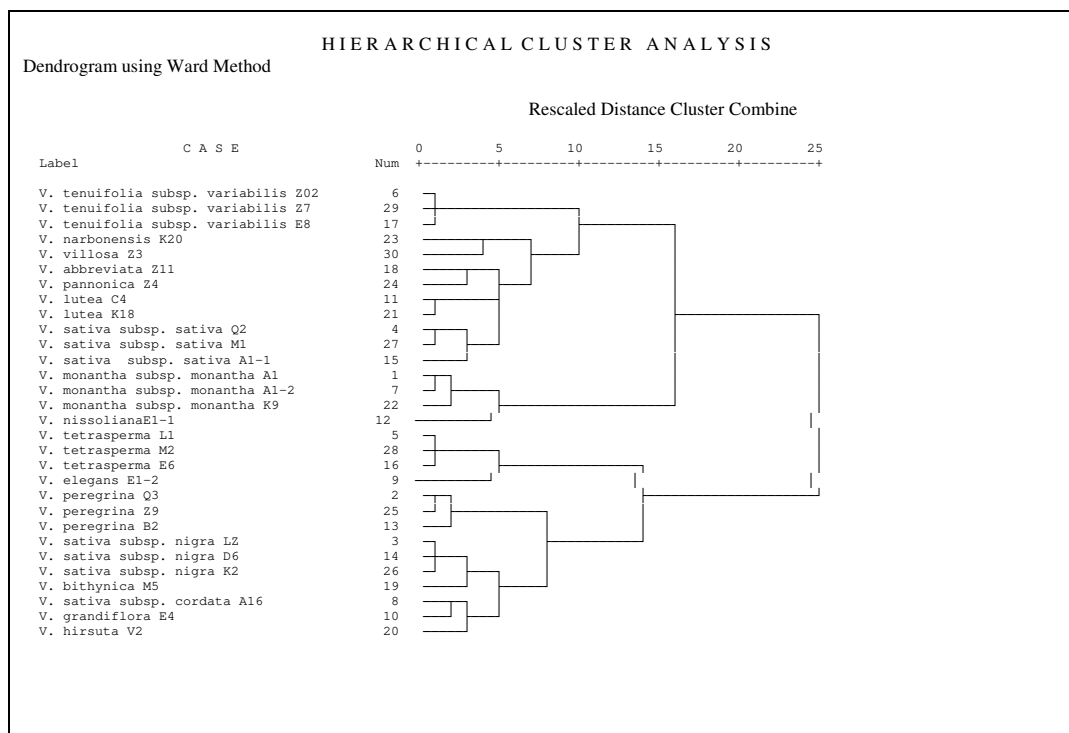


Рис. 2. Кластерный анализ морфологических характеристик у таксонов *Vicia* L.

Как видно из данных рисунка 2, 4 основных кластеров наблюдаются на 12 уровне. Первый основной кластер разделен на 12 групп: *V. tenuifolia* subsp. *variabilis* (Z02, Z7, E8), который относится к секции *Cracca* (по Раджи, Федченко); *V. narbonensis* (K20) – принадлежит к секции *Faba*, *V. villosa* subsp. *villosa* (Z3), *V. sativa* subsp. *sativa* (Q2, M1, A1-1) – к секции *Vicia*, *V. lutea* (C4, K18), *V. pannonica* (Z4) – к секции *Hypechusa* и *V. abbreviata* (Z11) – к секции *Atossa* (по Купиче). Второй кластер относится к 4 образцам: *V. monantha* (A1, A1-2, K9), *V. nissoliana* (E1-1), который относится к секции *Cracca* (по Раджи, Купича). Третий основной кластер состоит из 4 образцов: *V. tetrasperma* (L1, M2, E6), который принадлежит к секции *Ervum*, *V. elegans* (E1-2) – к секции *Cracca* (по Раджи, Купиче). Наконец, четвертый основной кластер связан с 10 образцами: *V. peregrina* (Q3, B2, Z9), который принадлежит к секции *Peregrinae*, *V. sativa* subsp. *nigra* (LZ, D6, K2) – к секции *Vicia*, *V. bithynica* (M5) – к секции *Faba* (по Купиче). *V. sativa* subsp. *cordata* (A16), *V. grandiflora* (E4), который относится к секции *Vicia*, а *V. hirsuta* (V2) – к секции *Cracca* (по мнению Купича). Изученные виды относятся к морфологическим и экологическим группам. Некоторые образцы первого кластера – мезофиты и однолетние растения – *V. narbonensis* (K20); *V. villosa* subsp. *villosa* (Z3); *V. sativa* subsp. *sativa* (Q2, M1, A1-1); *V. lutea* (C4, K18), *V. pannonica* (Z4) и другие – мезоксерофиты и многолетние растения – *V. abbreviata* (Z11), *V. tenuifolia* subsp. *variabilis* (Z02, Z7, E8). Некоторые образцы второго кластера представляют собой

ксерофиты и однолетние растения – *V. monantha* (A1, A1-2, K9), но другой – мезоксерофит и многолетнее растение – *V. nissoliana* (E1-1). В третьем кластере 3 образца – мезофиты и однолетние растения – *V. tetrasperma* (L1, M2, E6), а другой образец – ксерофит и многолетнее растение – *V. elegans* (E1-2). Наконец, в четвертом кластере 7 образцов – ксерофиты и однолетние растения – *V. peregrina* (Q3, B2, Z9), *V. sativa* subsp. *nigra* (LZ, D6, K2), *V. hirsuta* (V2); но 3 других – мезофиты и однолетние растения – *V. bithynica* (M5), *V. sativa* subsp. *cordata* (A16) и *V. grandiflora* (E4).

В нашем исследовании четыре основных группы различаются по характеру: высота растения, количество листочков, количество бобовых, количество семян и их экологические группы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые получены данные о гербарии рода *Vicia* L. и данные мониторинга из современной флоры Азербайджана в ходе научных экспедиций, проведенных в 2015–2017 гг. 17 таксонов вики (около 200 образцов гербариев), относящихся к 7 секциям, впервые были собраны на 29 маршрутах за последние 60 лет. Корреляции между экологическими параметрами таксонов, обнаруженных в ходе мониторинга, показали, что они обладают высокой экологической устойчивостью.

Для биоморфологического анализа были отобраны 31 количественные и качественные характеристики. 4 основных кластеров наблюдаются на 12 уровне. Наши работы показали, что анализ биоморфологических признаков собранных таксонов способствуют уточнению филогенетических взаимосвязей и статуса некоторых таксонов, которые являются дискуссионными.

### Список литературы

1. Brainard D. Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) varieties and bicultures influence cover crop services in strip-tilled sweet corn / D. Brainard, B. Henshaw, S. Snapp // *Agron. J.* – 2012. – P. 629–638.
2. Davis P. H. *Vicia* L. In: Davis P. H. ed. *Flora of Turkey and East Aegean Islands* / P. H. Davis, U. Plitmann // *Edinburgh University Press.* – 1970. – Vol. 3. – P. 274–325.
3. Kupicha F. K. Studies in the *Vicieae* L.: The new genus *Anatropostylia* / E. K. Kupicha // *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh.* – 1973. – Vol. 32. – P. 247–250.
4. Флора европейской части СССР. Род *Vicia* L. / Н. Н. Цвелев. – Санкт-Петербург: Наука, – 1987. – Т. 5. – С. 127–147.
5. Linnaeus C. *Species Plantarum Exibentes Plantas Rite Cognitas ad Genera Relatas cum Differentiis Specificis, Nominibus Trivialibus, Synonymis Selectis, Locis Natalibus, Secundum Systema Sexuale Digestas* / C. Linnaeus // *Berlin.* – 1753.
6. Əsgərov A. M. *Azərbaycan florasının konspekti* / A. M. Əsgərov – Bakı: Elm, – 2011. – 204 с.
7. Федченко Б. А. Флора СССР. Род *Vicia* L. / Федченко Б. А. – Санкт-Петербург, 1948. – Т. 13. – С. 406–475.
8. Гроссгейм А. А. Флора Кавказа. Род *Vicia* L. / Гроссгейм А. А. – М.-Л., 1952. – Т. V. – С. 380–398.
9. Radghi A. D. Concept of Systems Caucasus Species of Genus *Vicia* L. / A. D. Radghi // *Sankt-Petersburg: News of Systematics Higher Plants.* – 1971. – Vol. VII. – P. 228–240.
10. Kupicha F. K. Observations on the vascular anatomy of the tribe *Vicieae* (Leguminosae) / F. K. Kupicha // *Bot. J. Linnean Soc.* – 1975. – Vol. 70. – P. 231–242.
11. Kupicha F. K. The infrageneric structure of *Vicia* / F. K. Kupicha // *Notes Royal Bot. Garden (Edinburgh).* – 1976. – Vol. 34. – P. 287–326.

12. Əsgərov A. M. Azərbaycanın bitki aləmi / A. M. Əsgərov – Bakı: TEAS PRESS. – 2016. – 444 с.
13. Тамамшян С. Г. Флора Азербайджана. Род *Vicia* L. / Тамамшян С. Г. – Баку, 1954. – Т. 5. – С. 476–511.
14. Международный кодекс ботанической номенклатуры (Венский кодекс). – М. 2009. – 282 с.
15. ILDIS, 2010. International Legume Database and Information Service. [http:// www.ildis.org/](http://www.ildis.org/)
16. Raunkiaer Ch. Plant Life Forms. Clarendon Press / Ch. Raunkiaer // Oxford, 1937. – 104 p.
17. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение. В кн.: Полевая геоботаника / И. Г. Серебряков // М.: АН СССР, 1964. – Т. 3. – С. 146–205.
18. Basaran U. Germination pattern of naturally grown *Lathyrus* and *Vicia* species to different methods and seedbeds / U. Basaran, H. Mut, O. AscıOnal, İ. Ayan, Z. Acar // Int. J. Plant Prod. – 2012. – Vol. 6, № 3. – P. 325–336.
19. Büyükkartal H. N. Seed coat ultrastructure of hard-seeded and soft-seeded varieties of *Vicia sativa* / H. N. Büyükkartal, H. Çölgeçen, N. M. Pinar, N. Erdoğan // Turk. J. Bot. – 2013. – Vol. 37. – P. 270–275.
20. Gunn C. R. Genera, types, and lectotypes in the tribe *Vicieae* (*Leguminosae*) / C. R. Gunn // Taxon. – 1969. – Vol. 18. – P. 725–733.
21. Gunn C. R. A key and diagrams for the seeds of one hundred species of *Vicia* (*Leguminosae*) / C. R. Gunn // Proc. Int. Seed Testing Assoc. – 1970. – Vol. 35. – P. 773–790.
22. Gunn C. R. Androecium and pistil characters for tribe *Vicieae* (*Fabaceae*) / C. R. Gunn, J. Kluge // Taxon. – 1976. – Vol. 25, №5/6. – P. 563–575.
23. Тупикова А. И. Ботанико-агрономическое исследование однолетних вик / А. И. Тупикова // Вестник прикладной ботаники, генетики и селекции растений. – 1926. – Т. 16. – С. 151–246.
24. Maxted N. A revision of *Vicia* subgenus *Vicia* using DB technology / N. Maxted // Ph.D. thesis, Southampton. – 1990.
25. Maxted N. An Ecogeographical Study of *Vicia* subgenus *Vicia*. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Gene-pools / N. Maxted // International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. – 1995. – 190 p.
26. Leht M. Cladistic and phenetic analysis of relationships in *Vicia* subgenus *Cracca* (*Fabaceae*) based on morphological data / M. Leht // Taxon. – 2005. – Vol. 54, №4. – P. 1023–1032.

## BIOMORPHOLOGICAL EVALUATION OF SOME VETCH TAXA (*VICIA* L., *FABACEAE* LINDL.), DISTRIBUTED IN AZERBAIJAN

*Asadova K. V., Asgarov A. M.*

*Genetic Resources Institute of ANAS, Baku, Azerbaijan*  
*E-mail: esedzadeo@gmail.com*

For the first time, the biomorphological characters of some taxa of the genus vetch (*Vicia* L.) of the modern flora of Azerbaijan were studied, the status of which is debatable. In the study used comparative morphological, floristic, biomorphological, systematic, phytocenological and experimental methods.

The results of seed samples and about 200 samples of herbaria from 17 vetch taxa were presented (*V. monantha*, *V. peregrina*, *V. sativa* subsp. *nigra*, *V. sativa* subsp. *sativa*, *V. tetrasperma*, *V. tenuifolia* subsp. *variabilis*, *V. sativa* subsp. *cordata*, *V. elegans*, *V. nissoliana*, *V. grandiflora*, *V. lutea*, *V. villosa* subsp. *varia*, *V. bithynica*, *V. pannonica*, *V. abbreviata*, *V. hirsuta*, *V. narbonensis*), collected on 29 routes from different regions of Azerbaijan in 2015–2017, distribution based on their descriptive data, assessment based on morphological and environmental indicators. These taxa belong to 7 sections: *Cracca*, *Faba*, *Vicia*, *Hypechusa*, *Atossa*, *Ervum*, *Peregrinae*.

An ecological-geographic information (including taxa names, collection areas with area codes, latitude and longitude, sea level, growing season, ecological groups) of *Vicia* L. taxa collected in the study area were presented. An ecological assessment of vetch taxa was carried out by climatic parameters. The environmental parameters of the vetch taxa were assessed. Taxa collected from different areas were identified with maximum and minimum heights. The correlations between the ecological parameters of taxa found during the monitoring showed that they have high ecological stability.

For biomorphological analysis, 31 quantitative and qualitative characteristics were selected. At least 2–3 sample parameters taken from each population were measured and the average score was calculated.

Based on the results obtained, using the method of cluster analysis, a taxometric analysis was carried out. 4 main clusters are observed at level 12. The analyzes were performed using the SPSS Win software (SPSS 16.0).

Our research has shown that the analysis of biomorphological characters of the collected taxa help to clarify the phylogenetic relationships and status of some taxa, which are debatable.

**Keywords:** taxon, genus, vetch, biomorphological, section, cluster, area.

### References

1. Brainard D., Henshaw B., Snapp S., Hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) varieties and bicultures influence cover crop services in strip-tilled sweet corn, *Agron. J.*, **104**, 629 (2012).
2. Davis P. H., Plitmann U., *Vicia* L. In: Davis P. H. ed. *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, Edinburgh University Press, Edinburgh, **3**, 274 (1970).
3. Kupicha F. K., Studies in the *Vicieae* L.: The new genus *Anatropostylia*. *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh*, **32**, 247 (1973).
4. *European part of USSR*, Species of *Vicia* L. Ed.: N. N. Tsvelyov, **VI**, 127 (Sankt-Peterburq: 1987) (*in Russ.*).
5. Linnaeus C. *Species Plantarum Exhibentes Plantas Rite Cognitas ad Genera Relatas cum Differentiis Specificis, Nominibus Trivialibus, Synonymis Selectis, Locis Natalibus, Secundum Systema Sexuale Digestas* (Berlin, 1753).
6. Asgarov A. M., *Concept of Azerbaijan's Flora*, 204 p. (Baku: Elm, 2011). (*in Azer.*).
7. *Flora of USSR*, Species of *Vicia* L. Ed.: B. A. Fedchenko, **13**, 406 (Sankt-Peterburq, 1948) (*in Russ.*).
8. *Flora Caucasus.*, Species of *Vicia* L., Ed.: A. A. Grossheim, **V**, 380 (M.-L., 1952) (*in Russ.*).
9. Radghi A. D. Concept of Systems Caucasus Species of Genus *Vicia* L., *News of Systematics Higher Plants*, **VII**, 228 (1971)
10. Kupicha F. K. Observations on the vascular anatomy of the tribe *Vicieae* (Leguminosae). *Bot. J. Linnean Soc.*, **70**, 231 (1975)
11. Kupicha F. K. The infrageneric structure of *Vicia*, *Notes Royal Bot. Garden (Edinburgh)*, **34**, 287 (1976)
12. Asgarov A. M. *The Plant World of Azerbaijan*, 444 p (Baku: Teas Press, 2016). (*in Azer.*).
13. *Flora Azerbaijan.*, The genus *Vicia* L., Ed.: S. H. Tamamshjan, **V**, 476 (Baku, 1954) (*in Russ.*).
14. *International Code of Botanical Nomenclature* (Vienna kode). 282 (M., 2009).
15. ILDIS, 2010. International Legume Database and Information Service. <http://www.ildis.org/>
16. Raunkiaer Ch. *Plant Life Forms*, Clarendon Press, Oxford, 104 (1937).
17. Serebryakov I. G. *Life forms of higher plants and their study*. In the book: *Field Geobotany*, **3**, 146 (M.; L., 1964).
18. Basaran U., Mut H., OnalAsci O., Ayan I., Acar Z. Germination pattern of naturally grown *Lathyrus* and *Vicia* species to different methods and seedbeds, *Int. J. Plant Prod.*, **6** (3), 325 (2012).
19. Büyükkartal H. N., Çölgeçen H., Pinar N. M., Erdoğan N. Seed coat ultrastructure of hard-seeded and soft-seeded varieties of *Vicia sativa*, *Turk. J. Bot.*, **37**, 270 (2013).

20. Gunn C. R. Genera, types, and lectotypes in the tribe *Vicieae* (*Leguminosae*), *Taxon*, **18**, 725 (1969).
21. Gunn C. R. A key and diagrams for the seeds of one hundred species of *Vicia* (*Leguminosae*), *Proc. Int. Seed Testing Assoc.*, **35**, 773 (1970).
22. Gunn C. R., Kluve J. Androecium and pistil characters for tribe *Vicieae* (*Fabaceae*), *Taxon*, **25** (5/6), 563 (1976).
23. Tupikova A. Botaniko-agronomiceskoe issledovanie odnoletnykh vik. *Bulletin of Applied Botany, Genetics & Plant Breeding*, **16** (1), 151 (Leningrad, 1926).
24. Maxted N. A revision of *Vicia* subgenus *Vicia* using DB technology. Ph.D. thesis, Southampton. (1990).
25. Maxted N. An Ecogeographical Study of *Vicia* subgenus *Vicia*. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. *International Plant Genetic Resources Institute*, 190 (Roma, 1995).
26. Leht M. Cladistic and phenetic analysis of relationships in *Vicia* subgenus *Cracca* (*Fabaceae*) based on morphological data, *Taxon*, **54** (4), 1023 (2005).

**УДК 612.397.81**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-46-55**

## **ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА ПО СОДЕРЖАНИЮ ОБЩЕГО ХОЛЕСТЕРИНА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ У ЛИЦ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНО-ПОЛОВЫХ ГРУПП**

*Берникова С. М., Захарова Е. М.*

*ФГБОУ ВО Курганский государственный университет, Курган, Россия  
E-mail: svetlana\_minina@mail.ru*

Проведено определение и сравнение общего холестерина в сыворотке крови у лиц разного пола и возраста, и на его основе оценена популяционная вероятность развития ишемической болезни сердца. Выявлено достоверное увеличение общего холестерина в течение жизни в обеих гендерных группах. У 100 % обследованных взрослых лиц до 20 лет риск развития ишемической болезни сердца низкий. Появление умеренного риска развития ишемической болезни сердца у мужчин и женщин отмечено на третьем десятке жизни, высокого риска – на четвертом десятке, и в пожилом возрасте выявлено 30 % мужчин и 40 % женщин с высоким риском. Обнаружены достоверные различия уровня общего холестерина в сыворотке крови у лиц пожилого возраста, относящихся к разным группам риска. Результаты исследования могут быть использованы для составления референтных значений общего холестерина для лиц разного возраста и пола с целью дальнейшего их использования в медицинской практике и для принятия профилактических мер в случае выявления лиц, относящихся к группе риска.

**Ключевые слова:** биохимический анализ крови, возрастные и половые группы, общий холестерин в сыворотке крови, гиперхолестеринемия, риск развития ишемической болезни сердца.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ежегодно от сердечно-сосудистых заболеваний умирают 4 миллиона человек в Европе [1]. В России уже к концу XX века численность молодежи, страдающей болезнями крови, увеличилась в 2,5 раза [2]. В Курганской области, в том числе и в Щучанском районе, первое место занимает смертность от болезней системы кровообращения, что является неизменным на протяжении многих лет [3]. В структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний 35 % принадлежит ишемической болезни сердца (ИБС) [4]. Причиной развития ИБС служит гиперхолестеринемия, которая является фактором риска образования атеросклеротических бляшек в сосудах, особенно в коронарных артериях [5].

Общий холестерин является основным компонентом липидного обмена, нормальное количество которого необходимо для правильного функционирования многих органов и тканей человека. Существуют определенные нормы концентрации общего холестерина в сыворотке крови определенного возраста и пола. Отклонение от этих показателей является симптомом разнообразных нарушений в деятельности организма, поэтому контроль за содержанием общего холестерина вместе с другими

липидными фракциями необходимо осуществлять не только у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, но и у относительно здоровых лиц для раннего выявления нарушений жирового обмена и риска развития атеросклероза и ИБС. Многочисленные исследования показывают, что повышение уровня общего холестерина в сыворотке крови увеличивает риск возникновения болезней системы кровообращения, в том числе ИБС [6–8]. Излишнее образование холестерина в организме связано с избыточным потреблением жиров животного происхождения, которые богаты насыщенными жирными кислотами [9].

В настоящее время методы биохимического анализа крови имеют большое значение, так как позволяют выявить наиболее ранние и тонкие сдвиги в состоянии обмена веществ и здоровья человека [10]. При трактовке показателей биохимического состава крови нужно помнить о том, что функционирование организма изменяется с возрастом, поэтому результаты, полученные для лиц разного возраста, лучше всего оценивать по специальным нормативам, составленным для конкретных возрастных групп. Ряд заболеваний у пожилых людей имеет отличную от молодых пациентов симптоматику, поэтому биохимические исследования становятся важными при постановке диагноза. В связи с вышеизложенным, определение содержания общего холестерина в крови и оценка риска развития ИБС в разных возрастно-половых группах человеческой популяции является актуальным.

Целью исследования явилась оценка риска развития ИБС по содержанию общего холестерина в сыворотке крови у лиц разных возрастно-половых групп. Перед нами стояли следующие задачи: 1) определить и сравнить уровни общего холестерина в сыворотке крови у мужчин и женщин разных возрастов; 2) выявить вероятность развития ИБС у мужчин и женщин разных возрастов по содержанию общего холестерина; 3) определить средние значения общего холестерина у обследованной популяции лиц пожилого возраста, имеющих разный риск развития ИБС.

Результаты популяционного исследования могут быть использованы для обоснования необходимости скрининговых тестов с целью ранней диагностики заболеваний, обусловленных повышенным содержанием общего холестерина в крови, а также составления референтных уровней биохимических показателей для неболеющих людей разного возраста и пола для дальнейшего их использования в медицинской практике.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании принимали участие 240 относительно здоровых взрослых женщин и мужчин Щучанского района разных возрастов, проходивших дополнительную диспансеризацию в Щучанской центральной районной больнице Курганской области. Испытуемые были разделены на 6 групп в зависимости от возраста: группа I – меньше 20 лет, группа II – 21–30 лет, группа III – 31–40 лет, группа IV – 41–50 лет, группа V – 51–60 лет, группа VI – 61 год и более. В каждой группе обследованные были поделены по полу. Каждая группа состояла из 20 человек. В первую группу не входили лица детского возраста, так как у детей диапазон нормальных значений некоторых показателей биохимического состава

крови, в том числе и содержание общего холестерина, отличается от такового у взрослых.

Взятие венозной крови для клинического анализа проводилось по стандартной методике в утренние часы у пациентов натошак из локтевой вены с ее дальнейшим анализом в клинической лаборатории больницы. Для определения уровня общего холестерина в сыворотке крови использовали ферментативный фотометрический тест (CHOD-PAP). При статистической обработке результатов определяли для каждой возрастно-половой группы средние значения показателей (M) и их ошибки (m). Для выявления достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента. Различия считали статистически достоверными при  $p < 0,05$ .

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований по уровню общего холестерина в сыворотке крови у мужчин и женщин Щучанского района разных возрастов обобщены в таблице 1 и представлены на рисунке 1.

**Таблица 1**  
**Уровень общего холестерина в сыворотке крови у жителей Щучанского района Курганской области, ммоль/л (M ± m)**

Пол \ Возраст	до 20 лет (n = 20)	21 – 30 лет (n = 20)	31 – 40 лет (n = 20)	41 – 50 лет (n = 20)	51 – 60 лет (n = 20)	61 год и более (n = 20)
Мужчины	3,79±0,16	4,73±0,16 <sup>#&amp;</sup>	4,68±0,39*	5,32±0,35*	5,49±0,54*	6,00±0,53*
Женщины	4,40±0,18 <sup>#</sup>	4,21±0,20	5,02±0,38* <sup>&amp;</sup>	5,41±0,47*	5,88±0,44*	6,17±0,56*

Примечание: различия достоверны ( $p < 0,05$ ) по отношению к: \* – группе лиц до 20 лет; <sup>#</sup> – противоположному полу; <sup>&</sup> – предыдущей возрастно-половой группе.

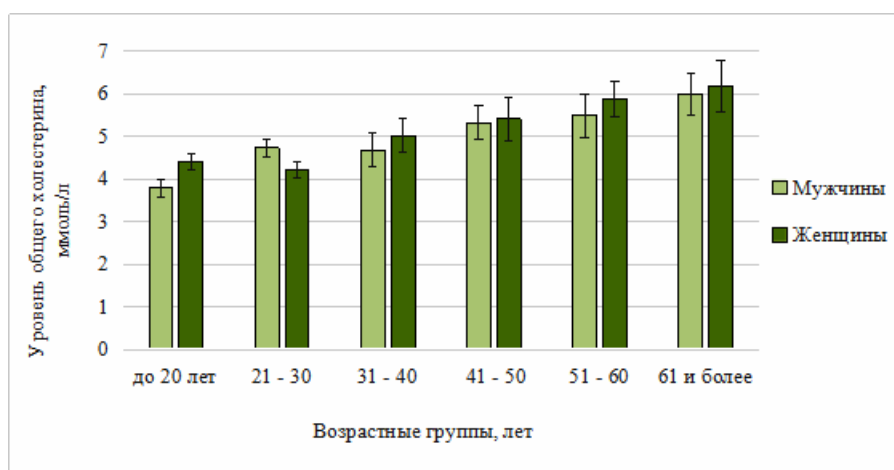


Рис. 1. Зависимость содержания общего холестерина в сыворотке крови у мужчин и женщин Щучанского района разных возрастных групп.



Выявлены достоверные различия по уровню общего холестерина в сыворотке крови у мужчин и женщин в возрастных группах I и II. В группе обследованных возрастом до 20 лет уровень общего холестерина у женщин достоверно выше на 16,1 %, чем у мужчин. Аналогичные результаты были получены в исследовании Амаевой А. М. и др., отметивших в группе 18-летних российских студентов более высокие значения общего холестерина у лиц женского пола (хотя и в пределах допустимой физиологической нормы для данного возраста) по сравнению с мужским [5]. В группе II уровень общего холестерина у мужчин достоверно выше на 12,4 %, чем у женщин. Во всех последующих возрастных группах достоверных половых различий по содержанию общего холестерина в сыворотке крови не обнаружено. Наименьшая разница по уровню общего холестерина у мужчин и женщин была отмечена в группе 41–50 лет и составила 1,7 %.

Наблюдение за изменением концентрации общего холестерина по возрастам показало постепенное и достоверное увеличение общего холестерина в течение жизни в обеих гендерных группах: у мужчин показатель достоверно повысился от группы I к группе VI на 58,3 %, у женщин – на 40,2 %. Это согласуется с доказанными фактами, что с возрастом в человеческой популяции содержание общего холестерина в сыворотке крови увеличивается [11]. У барнаульской популяции мужчин и женщин самые высокие значения общего холестерина также отмечены в пожилом возрасте ( $6,3 \pm 0,1$  ммоль/л) [12].

У многих людей концентрация холестерина достаточно высока для возможного развития ИБС в будущем даже без явных признаков заболеваний сердца. В связи с этим, определены группы риска развития ИБС: низкий риск (уровень холестерина < 5,2 ммоль/л); умеренный риск (уровень холестерина 5,2–6,4 ммоль/л); высокий риск (уровень холестерина  $\geq 6,5$  ммоль/л).

По данным обследования жителей Щучанского района у мужчин и женщин разных возрастных групп были определены следующие группы риска (рис. 2, 3).

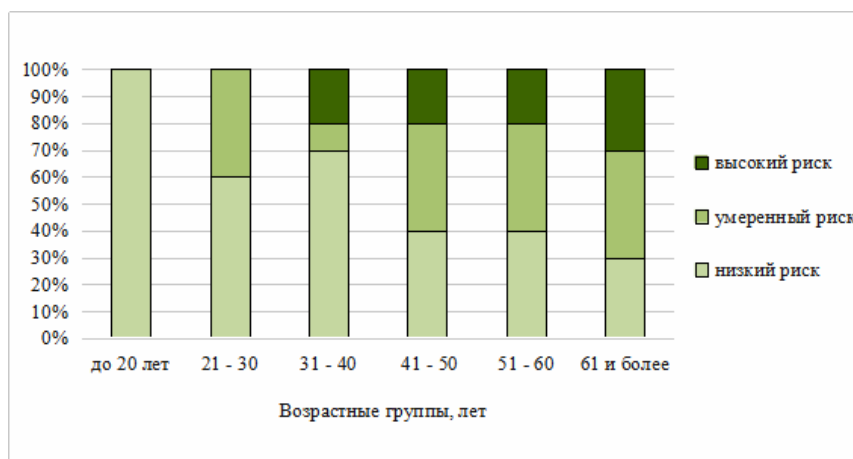


Рис. 2. Вероятность развития ИБС у мужчин разных возрастных групп.

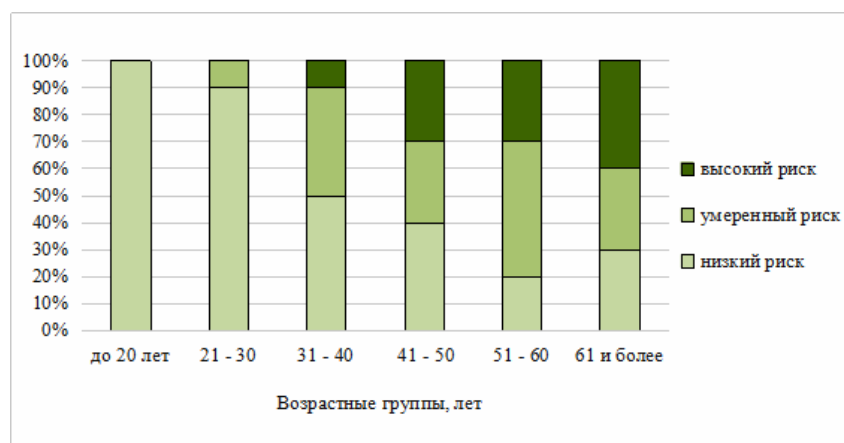


Рис. 3. Вероятность развития ИБС у женщин разных возрастных групп.

В обеих гендерных группах в течение жизни была отмечена одинаковая тенденция: постепенное увеличение к пожилому возрасту доли лиц, у которых отмечен высокий риск развития ИБС, и уменьшение доли лиц с низкой вероятностью развития этой сердечной патологии. Вероятно, подобная тенденция обусловлена как внутренними факторами риска (артериальная гипертензия, гормональные изменения, замедление метаболизма), так и внешними (снижение двигательной активности, несбалансированное питание, курение и др).

У 100 % обследованных мужчин и женщин до 20 лет риск развития ИБС низкий. Появление высокого риска развития ИБС в обеих гендерных группах отмечено у лиц в возрасте 31–40 лет. Аналогичные результаты были получены в исследованиях Воробьева Р. И. с соавт., в которых они отметили повышение уровня общего холестерина в сыворотке крови барнаульской популяции мужчин и женщин на четвертом десятке жизни [12]. В работе Прояевой Л. В. при характеристике возрастных изменений некоторых биохимических показателей крови описано, что примерно с 40-летнего возраста начинается отложение холестерина на стенках сосудов [13].

В группе мужчин 21–30 лет у 40 % лиц зафиксирован умеренный риск возникновения ИБС, а в возрасте 31–40 лет у 20 % мужчин отмечен высокий риск развития ИБС. В пожилом возрасте (возрастная группа VI) у мужчин низкий риск сохранился лишь у 30 % обследованных, умеренный – у 40 %, а высокий уровень вероятности развития ИБС появился у 30 % мужчин, что является наибольшим показателем по сравнению с младшими возрастными группами.

При анализе риска возникновения ИБС у женщин мы отметили, что в возрасте 21–30 лет у 10 % женщин был умеренный риск, а в группе 31–40 лет у 10 % женщин появляется высокий риск. Меньшая доля лиц с умеренным риском в группе II и с высоким риском в группе III у женщин по сравнению с мужчинами, вероятно, связана с защитным влиянием эстрогенов в репродуктивный период жизни женщин.

У пожилых женщин по 30 % обследованных имели низкую и умеренную вероятность развития ИБС, а высокий риск был у 40 % женщин, что на 10 % больше,

чем у мужчин, что связано, в том числе, со снижением эндокринной функции яичников. В ряде работ были получены аналогичные данные, а также отмечено, что у пожилых мужчин содержание общего холестерина существенно не связано со смертностью от ИБС, в то время как у пожилых женщин высокий уровень общего холестерина был более сильным фактором, способствующим смертельным исходам от ИБС [14].

В нашем исследовании мы проанализировали содержание общего холестерина в сыворотке крови у мужчин и женщин пожилого возраста (группа VI) в зависимости от группы риска развития ИБС (рис. 4).

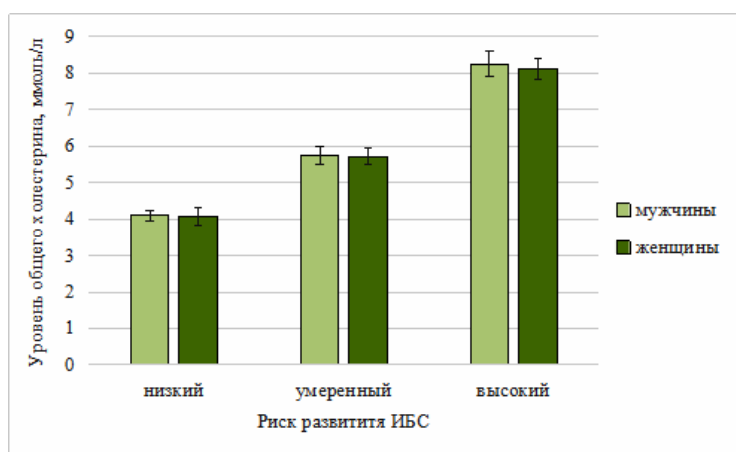


Рис. 4. Уровень общего холестерина в сыворотке крови у мужчин и женщин пожилого возраста, имеющих разный уровень риска развития ИБС.

В группе пожилых людей с умеренным риском развития ИБС была зафиксирована умеренная гиперхолестеринемия (концентрация общего холестерина в популяции мужчин составила –  $5,74 \pm 0,23$  ммоль/л, в популяции женщин –  $5,71 \pm 0,23$  ммоль/л) и в группе лиц с высоким риском развития ИБС была отмечена высокая гиперхолестеринемия у мужчин и женщин ( $8,24 \pm 0,37$  ммоль/л и  $8,10 \pm 0,28$  ммоль/л соответственно). Достоверных различий в концентрации общего холестерина у мужчин и женщин пожилого возраста с разным риском развития ИБС не выявлено. При сравнении средних значений этого показателя у мужчин и женщин обнаружены статистически достоверные различия между всеми тремя группами риска: у лиц с умеренным риском развития ИБС средний показатель содержания общего холестерина на 40,4 % больше, чем у лиц с низким уровнем риска, и у лиц с высоким риском – на 42,6 % выше, чем в группе лиц с умеренным риском.

Таким образом, проведенное популяционное исследование по определению уровня общего холестерина в сыворотке крови у мужчин и женщин показало достоверное увеличение этого показателя в течение жизни, что является обоснованием важности проведения диагностических обследований в рамках медицинской диспансеризации населения. С целью своевременного принятия профилактических мер по предотвращению развития сердечно-сосудистой патологии большую роль играет также обеспечение охраны здоровья и

формирование приоритета здорового образа жизни у детей и взрослых в образовательных и производственных организациях [15].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований сформулированы следующие выводы:

1. Выявлены достоверные различия по уровню общего холестерина в сыворотке крови у мужчин и женщин в возрастных группах I и II. Во всех последующих возрастных группах достоверных половых различий по содержанию общего холестерина не обнаружено.
2. Отмечено достоверное увеличение общего холестерина в течение жизни в обеих гендерных группах: у мужчин показатель достоверно повысился от группы I к группе VI на 58,3 %, у женщин – на 40,2 %.
3. В обследованной популяции в обеих гендерных группах появление умеренного риска развития ИБС отмечено на третьем десятке жизни, высокого риска – на четвертом десятке жизни, и в пожилом возрасте выявлено 30 % мужчин и 40 % женщин с высоким риском развития ИБС, что является наибольшим показателем по сравнению со всеми остальными возрастными группами.
4. При сравнении средних значений содержания общего холестерина у лиц, проживающих в Щучанском районе, обнаружены статистически достоверные различия между всеми тремя группами риска: разница по уровню общего холестерина между группами составила примерно 40 %.

### **Список литературы**

1. Catapano A. ESC/EAS Guidelines for the Management of Dyslipidaemias: The Task Force for the Management of Dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and European Atherosclerosis Society (EAS) Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR) / A. Catapano, I. Graham, G. De Backer, O. Wiklund, M. Chapman, H. Drexel, A. Hoes, C. Jennings, U. Landmesser, T. Pedersen, Z. Reiner, G. Riccardi, M.-R. Taskinen, L. Tokgozoglu, W. Verschuren, Ch. Vlachopoulos, D. Wood, J. Zamorano // *European Heart Journal*. – 2016. – Vol. 37, No. 39. – P. 2999–3058. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw272>.
2. Минина Е. М. Организация валеологической деятельности в общеобразовательных учреждениях / Е. М. Минина // *Сборник научных трудов аспирантов и соискателей Курганского государственного университета (общественные науки)*. – Курган: Изд-во КГУ, 1999. – С. 73–75.
3. Шевяков Р. Н. Территориальные различия показателей состояния здоровья населения Курганской области / Р. Н. Шевяков // *Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум»*, 2017. URL: <http://scienceforum.ru/2017/article/2017031820> (дата обращения: 10.08.2020).
4. Бунин В. А. Ишемическая болезнь сердца и инфаркт миокарда: от патогенеза к молекулярным маркерам диагностики / В. А. Бунин, Н. С. Линькова, Е. О. Кожевникова, Е. А. Карпасова, Е. М. Пальцева, И. М. Кветной // *Успехи физиологических наук*, 2020. – Т. 51, № 1. – С. 33–45.
5. Амаева А. М. Распределение концентраций липидов и липопротеидов в плазме крови у студентов РУДН из разных климато-географических регионов / А. М. Амаева, В. А. Кошечкин, В. И. Кузнецов // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина*, 2017. – Т. 21, № 1. – С. 29–34.
6. Аронов Д. М. Профилактика и лечение атеросклероза / Д. М. Аронов. – М.: Триада-Х, 2000.
7. Hearn J. A. Predictive value of lipoprotein and other serum lipoproteins in the angiographic diagnosis of coronary artery disease / J. A. Hearn, S. J. Demaio, G. S. Roubin, M. Hammarstrom, D. S. Sgoutas //

- American journal of cardiology. – 1990. – Vol. 66, No. 17. – P. 1176. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(90\)91094-M](https://doi.org/10.1016/0002-9149(90)91094-M).
8. Stensvold I. High-density lipoprotein cholesterol and coronary cardiovascular and all cause mortality among middle-aged Norwegian men and women / P. Urdal, H. Thürmer, A. Tverdal, P. G. Lund-Larsen, O. P. Foss // European heart journal. – 1992. – Vol. 13, No. 9. – P. 1155–1163. DOI:10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a060331.
  9. Григорович О. А. Оценка питания студентов во взаимосвязи с конституционально-типологическими особенностями / О. А. Григорович, Е. В. Лунева, С. М. Минина // Экология. Риск. Безопасность. Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 10-летию КГУ и 30-летию кафедры «Экология и безопасность жизнедеятельности». – Курган: Изд-во КГУ, 2005. – С. 100–101.
  10. Минина С. М. Содержание некоторых биологически активных веществ в сыворотке крови у студентов, имеющих разный индекс массы тела / С. М. Минина, А. В. Дерягина // Сборник тезисов докладов научной конференции студентов Курганского государственного университета. – Курган: Изд-во КГУ, 2004. – С. 20–21.
  11. Barrett-Connor E. Sex differences in coronary heart disease. Why are women so superior? / E. Barrett-Connor // Circulation. – 1997. – Vol. 95. – No. 1. – P. 252–264. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.95.1.252>.
  12. Воробьев Р. И. Особенности липидного обмена и частота встречаемости дислипидемий у городских жителей / Р. И. Воробьев, Е. А. Шарлаева, Е. Н. Воробьева, Г. Г. Соколова, А. С. Казызаева, Д. М. Рудакова, А. А. Ефремушкина // Ульяновский медико-биологический журнал, 2016. – № 3. – С. 35–43.
  13. Прояева Л. В. Характеристика сердечно-сосудистой системы и некоторых биохимических показателей крови у лиц старше 40 лет / Л. В. Прояева // Водные ресурсы – основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке. Сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции. – Тюмень: Изд-во Тюменского индустриального университета, 2019. – С. 486–492.
  14. Weintraub M. S. Fluctuation of lipid and lipoprotein levels in hyperlipidemic postmenopausal women receiving hormone replacement therapy / M. S. Weintraub, I. Grosskopf, G. Charach, N. Eckstein, Y. Ringel, N. Maharshak, H. H. Rotmensch, A. Rubinstein // Archives of internal medicine. – 1998. – Vol. 158, No. 16. – P. 1803–1806. DOI: 10.1001/archinte.158.16.1803.
  15. Emanova S. Role of healthy environment in preserving and strengthening students' well-being in institutions of secondary and additional education / S. Emanova, A. Ryleeva, E. Zakharova, S. Bernikova // Advances in Social Science, Education and Humanities Research. – 2019. – Vol. 392. – P. 323–326. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200113.067>.

**ASSESSMENT OF THE RISK OF DEVELOPING CORONARY HEART DISEASE BASED ON TOTAL CHOLESTEROL IN BLOOD SERUM IN INDIVIDUALS OF DIFFERENT AGE AND GENDER GROUPS**

*Bernikova S. M., Zakharova E. M.*

*Kurgan State University, Kurgan, Russia  
E-mail: svetlana\_minina@mail.ru*

The determination and comparison of the level of total cholesterol in the blood in 240 relatively healthy men and women of different ages was carried out, and on its basis the likelihood of developing coronary heart disease in residents of the Shchuchansky district of the Kurgan region was estimated. There were revealed significant differences in the level of total cholesterol in the blood of men and women in the group under 20 years old and in the group of 21–30 years old. No significant gender differences were found in

subsequent age groups. There was a significant increase in total cholesterol during life in both gender groups: in men, the indicator significantly increased from adolescence to old age by 58.3 %, in women – by 40.2 %.

A population assessment of the risk of developing coronary heart disease (CHD) was carried out. In both gender groups, during life, we noted a gradual increase towards old age in the proportion of people who have a high probability of developing coronary artery disease, and a decrease in the proportion of people with a low probability, which is due to both internal risk factors (arterial hypertension, hormonal changes, slowing down of metabolism), and external (decreased physical activity, unbalanced diet, smoking, etc.). In 100 % of men and women under 20 years of age, the risk of developing coronary artery disease is low. The emergence of moderate risk in both gender groups was noted in the third decade of life, high – in the fourth. In old age, 30 % of men and 40 % of women with a high risk of developing coronary artery disease were identified, which is the highest indicator in comparison with all other age groups. Among women, a lower percentage of persons with moderate risk at the age of 21–30 years old and with a high risk in the group of 31–40 years old was found compared to men, which is probably associated with the protective effect of estrogens during the reproductive period of women.

In the group of elderly people with a moderate risk of developing coronary artery disease, moderate hypercholesterolemia was recorded (the level of total cholesterol in the blood in the male population was  $5.74 \pm 0.23$  mmol / L, in the female population –  $5.71 \pm 0.23$  mmol / L) and in the group of persons with a high risk of developing coronary artery disease, high hypercholesterolemia was noted in men and women ( $8.24 \pm 0.37$  mmol / L and  $8.10 \pm 0.28$  mmol / L, respectively). In persons with a moderate risk of developing coronary artery disease, the average total cholesterol content is 40.4 % significantly higher than in persons with a low level of risk, and in persons with a high risk – 42.6 % significantly higher than in the group of persons with a moderate risk.

Thus, the results of the study showed the importance of conducting diagnostic examinations for the purpose of early diagnosis of diseases caused by an increased content of total cholesterol in the blood, as well as compiling reference levels of biochemical parameters for non-sick people of different age and sex for their further use in medical practice. As preventive measures to prevent the development of cardiovascular pathology, health protection and the formation of the priority of a healthy lifestyle in children and adults in educational and industrial organizations also play an important role.

**Keywords:** biochemical blood analysis, age and gender groups, total cholesterol in blood serum, hypercholesterolemia, risk of coronary heart disease.

#### References

1. Catapano A., Graham I., De Backer G., Wiklund O., Chapman M., Drexel H., Hoes A., Jennings C., Landmesser U., Pedersen T., Reiner Z., Riccardi G., Taskinen M.-R., Tokgozoglul L., Verschuren W., Vlachopoulos Ch., Wood D. and Zamorano J., ESC/EAS Guidelines for the Management of Dyslipidaemias: The Task Force for the Management of Dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and European Atherosclerosis Society (EAS) Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR), *European Heart Journal*, **37** (39), 2999 (2016). <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw272>.

2. Minina E. M., Organization of valeological activity in educational institutions, *Collection of scientific works of graduate students and applicants for Kurgan State University (social sciences)* (Publishing house of KSU, Kurgan, 1999), p. 73.
3. Shevyakov R. N., Territorial differences in the indicators of the health status of the population of the Kurgan region, *Materials of the IX International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"* (2017). URL: <http://scienceforum.ru/2017/article/2017031820> (date of access: 08/10/2020).
4. Bunin V. A., Linkova N. S., Kozhevnikova E. O., Karpasova E. A., Paltseva E. M. and Kvetnoy I. M., Coronary heart disease and myocardial infarction: from pathogenesis to molecular diagnostic markers, *Advances in physiological sciences*, **51** (1), 33 (2020).
5. Amaeva A. M., Koshechkin V. A. and Kuznetsov V. I., Distribution of lipids and lipoprotein concentrations in blood plasma among PFUR students from different climatic-geographical regions, *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Medicine*, **21** (1), 29 (2017).
6. Aronov D. M., *Prevention and treatment of atherosclerosis* (Triada-X, Moscow, 2000).
7. Hearn J. A., Demaio S. J., Roubin G. S., Hammarstrom M. and Sgoutas D. S., Predictive value of lipoprotein and other serum lipoproteins in the angiographic diagnosis of coronary artery disease, *American journal of cardiology*, **66** (17), 1176 (1990). [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(90\)91094-M](https://doi.org/10.1016/0002-9149(90)91094-M).
8. Stensvold I., Urdal P., Thürmer H., Tverdal A., Lund-Larsen P. G. and Foss O. P., High-density lipoprotein cholesterol and coronary cardiovascular and all cause mortality among middle-aged Norwegian men and women, *European heart journal*, **13** (9), 1155 (1992). DOI:10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a060331.
9. Grigorovich O. A., Luneva E. V. and Minina S. M., Assessment of students' nutrition in relation to constitutional typological characteristics, *Ecology. Risk. Safety. Materials of the regional scientific-practical conference dedicated to the 10th anniversary of KSU and the 30th anniversary of the Department of Ecology and Life Safety* (Publishing house of KSU, Kurgan, 2005), p. 100.
10. Minina S. M. and Deryagina A. V., The content of some biologically active substances in the blood serum of students with different body mass index, *Collection of abstracts of scientific conferences of students of Kurgan State University* (Publishing house of KSU, Kurgan, 2004), p. 20.
11. Barrett-Connor E., Sex differences in coronary heart disease. Why are women so superior? *Circulation*, **95** (1), 252 (1997). <https://doi.org/10.1161/01.CIR.95.1.252>.
12. Vorobyev R. I., Sharlaeva E. A., Vorobieva E. N., Sokolova G. G., Kazyaeva A. S., Rudakova D. M. and Efremushkina A. A., Features of lipid metabolism and the incidence of dyslipidemia among urban residents, *Ulyanovsk medico-biological journal*, **3**, 35 (2016).
13. Proyaeva L. V., Characteristics of the cardiovascular system and some biochemical parameters of blood in persons over 40, *Water resources – the basis for sustainable development of settlements in Siberia and the Arctic in the XXI century. Collection of reports of the XXI International Scientific and Practical Conference* (Publishing house of the Tyumen Industrial University, Tyumen, 2019), p. 486.
14. Weintraub M. S., Grosskopf I., Charach G., Eckstein N., Ringel Y., Maharshak N., Rotmensch H. H. and Rubinsteinless A., Fluctuation of lipid and lipoprotein levels in hyperlipidemic postmenopausal women receiving hormone replacement therapy, *Archives of internal medicine*, **158** (16), 1803 (1998). DOI: 10.1001/archinte.158.16.1803.
15. Emanova S., Ryleeva A., Zakharova E. and Bernikova S., Role of healthy environment in preserving and strengthening students' well-being in institutions of secondary and additional education, *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, **392**, 323 (2019). <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200113.067>.

**UDK 537.86:52.7+58.027**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-56-62**

## **CHARACTERIZATION OF ESSENTIAL OIL ACCUMULATION IN SOME PLANTS OF LAMIACEAE FAMILY**

***Bulavin I. V., Feskov S. A., Brailko V. A., Mitrofanova I. V.***

***Federal State Funded Institution of Science “The Labour Red Banner Order Nikita Botanical  
Gardens – National Scientific Center of the RAS”, Crimea, Russia  
E-mail: labgennbs@yandex.ru***

Vegetative and generative organs of some Lamiaceae plants were investigated. It was shown that accumulation of inclusion with essential oil inside glandular trichomes and internal tissues of vegetative and generative organs varied with maximal amount in the flowers. Also, dependence in amount of essential oil from species was estimated.

**Keywords:** Lamiaceae, plant organs, anatomy, essential oil accumulation.

### **INTRODUCTION**

Essential oil plants are renewable source of raw materials used in medicine (phytorehabilitation, aromatherapy and etc.) and the production of perfumes and cosmetics [1]. In the Nikita Botanical Gardens (NBG), the gene pool collection of aromatic and medicinal plants is represented by different species, subspecies, forms, cultivars and hybrids. Their selection breeding, firstly, based on high essential-oil content and its corresponding quality for different purposes usage [2]. It is well known that essential oil accumulated predominantly in generative organs, especially in flowers. At the same time other vegetative organs are also characterized by presence of essential oil in different amounts [3]. Due to, essential oil analysis as well as investigation of genetic mechanisms involved in essential oil production are very necessary and perspective [4]. However, comprehensive analysis of different wild species, cultivars and forms is relevant as well [5]. Therefore, the objective of the presented study was to investigate the plant organ anatomy with regard to their accumulation of essential oil.

### **MATERIALS AND METHODS**

Plants of Lamiaceae family (*Lavandula angustifolia* Mill., *Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel cv. Temp (*L. angustifolia* cv. Record × *L. latifolia* Medic.), *Thymus mastichina* L. cv. Svetliachok, *Thymus vulgaris* L. cv. Fantazia, *Thymus striatus* Vahl. cv. Jubileiniy) grown *ex situ* in the collection plot of the Nikita Botanical Gardens were used for the investigation.

For the anatomical studies, plant organs were excised and processed on freezing microtome (MZ-2, Ukraine) equipped with lab cooling system OL-ZSO 30 (Inmedprom,



Russian Federation). Sections were stained with methylene blue and examined using CX41 light microscope (Olympus, Japan) equipped with SC 50 camera (Olympus, Germany) and CellSens Imaging Software version 1.17. Inclusion square with essential oils was determined on sections. The content of essential oil was analyzed by hydrodistillation on Ginsberg devices [6] with subsequent measurement of its volume. Data were analyzed statistically with PAST software [7].

### RESULTS AND DISCUSSION

The investigated cultivars belonged to different species, however, they had common anatomical features. Stems were oval or tetragonal in shape, with epidermis, different collenchyma cell layers, chlorenchyma, cambium, vascular bundles and parenchyma cells. Inflorescence axes had rib in the corners or in the interspaces, internal tissues were similar to stems. Leaf blades with ground tissues were characterized by differentiated mesophyll with midrib, veins inside and mechanical tissues. Bracts had anatomy similar to leaf or mesophyll was homogenous. Calyces also were with homogenous mesophyll (Fig. 1).

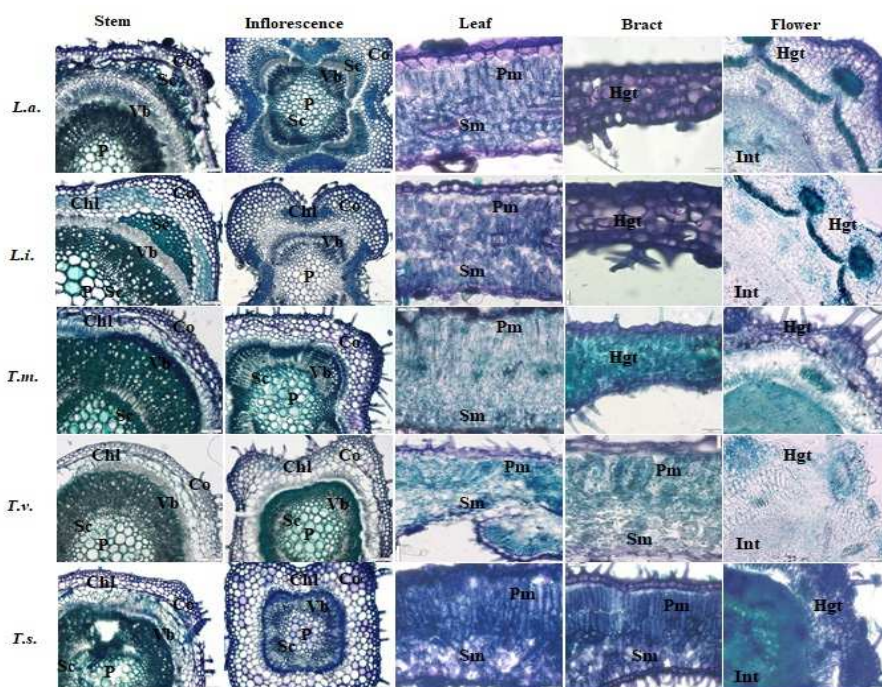


Fig. 1. Transversion section fragments of some Lamiaceae species organs: *L.a.* – *L. angustifolia*, *L.i.* – *L. intermedia* cv. Temp, *T.m.* – *T. mastichina* cv. Svetliachok, *T.v.* – *T. vulgaris* cv. Fantazia, *T.s.* – *T. striatus* cv. Jubileiniy, Co – collenchyma, Chl – chlorenchyma, Sc – sclerenchyma, Vb – vascular bundle, P – pith, Pm – palisade mesophyll, Sm – sponge mesophyll, Hgt – homogenous tissue, Int – internal tissues of the flower structures (methylene-blue staining).

On ground tissues of all investigated organs, non-glandular and glandular trichomes were revealed. Their typical forms presented in Fig. 2. It should be noted that glandular trichome types and their ratio varied depending on organs and species.

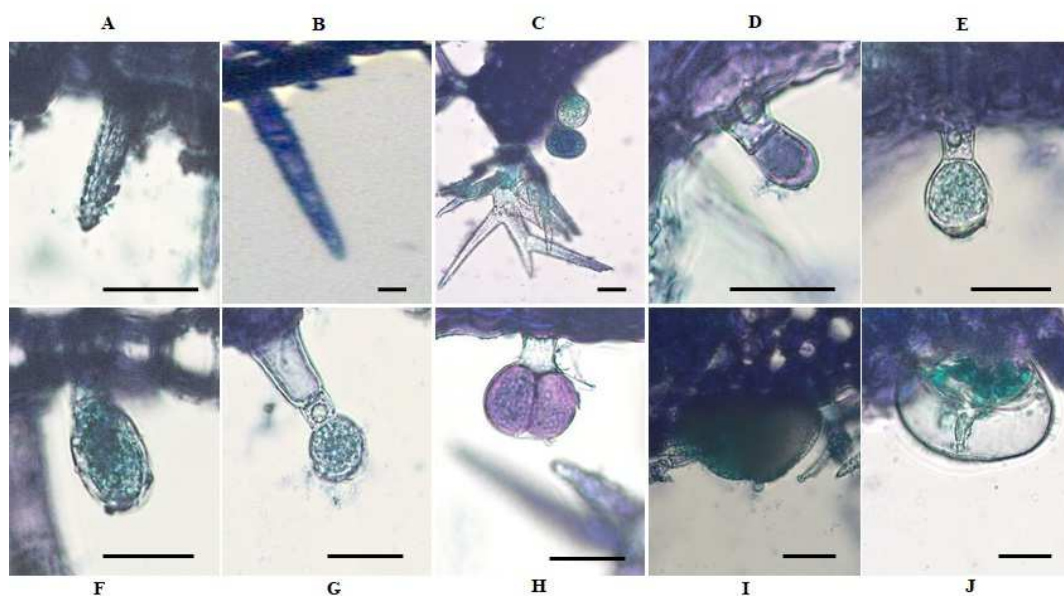


Fig. 2. Types of the non-glandular (A-C) and glandular (D-J) trichomes on ground tissues of Lamiaceae species: A – unicellular trichome, B – bicellular trichome, C – branched trichome, D – glandular trichomes with one stalk and one cell, E – capitate glandular trichomes with one stalk cell and unicellular ovate head, F – capitate glandular trichomes with one stalk cell and unicellular ellipsoidal head, G – glandular trichome with stalk, neck and round secretory cell, H – capitate glandular trichome with one stalk cell and bicellular ovate head, I – peltate type of glandular trichome without subcuticular cavity, J – peltate type of glandular trichome with subcuticular cavity (methylene-blue staining, bars – 20  $\mu$ m).

Investigation of essential oil accumulation with anatomical method showed the presence of inclusion in glandular structures, especially in trichomes with round head. In stems, inclusions were revealed, predominantly, in chlorenchyma cells, as well as in collenchyma and vascular bundles. In the leaf blades and bracts, inclusions were detected in epidermal cell, palisade, spongy mesophyll and homogenous tissues. Higher accumulation of essential oil was presented in calyxes and internal tissues of the flower anatomical structures (Fig. 3). Their squares varied from species to species and from organ to organ (Table 1). Essential oil accumulation of thyme cultivars also was investigated biochemically. Our data showed that leaves of different cultivars accumulated essential oil from 19 to 39 % and from 17 to 34 % for fresh and dry weight, respectively (Table 2). High amount of essential oil (61–81 % and 66–83 %) was synthesized in the inflorescences.

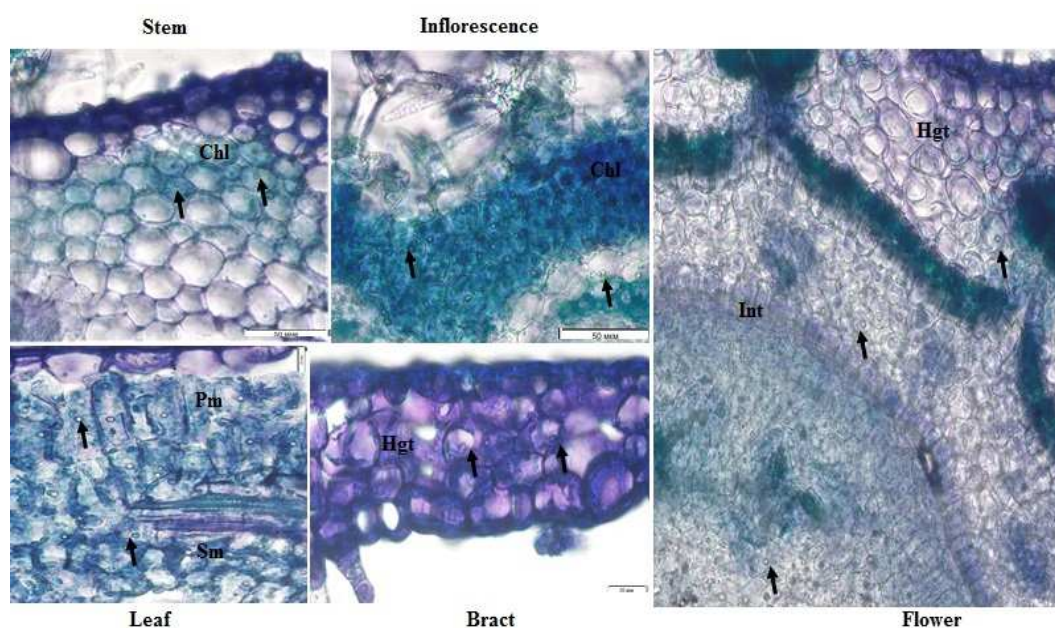


Fig. 3. Transversion section fragments of *Lavandula angustifolia* organs with essential oil inclusions: Chl – chlorenchyma, Pm – palisade mesophyll, Sm – sponge mesophyll, Hgt – homogenous tissue, Int – internal tissues of the flower structures (methylene-blue staining).

**Table 1**  
Squares of the inclusions with essential oil in plant organs of Lamiaceae species

Organ Species	Stem		Inflorescence		Leaf		Bract		Flower	
	Min/Max	M±m	Min/Max	M±m	Min/Max	M±m	Min/Max	M±m	Min/Max	M±m
	(µm <sup>2</sup> )									
<i>L. angustifolia</i>	4.59/16.47	10.67±1.02	3.63/14.14	7.55±0.66	4.26/32.4	15.1±1.63	1.12/19.05	6.82±1.17	2.26/16.86	7.01±0.95
<i>L. intermedia</i> cv. Temp	1.86/15.54	4.91±0.71	3.53/25.14	10.32±1.34	2.29/16/48	8.67±0.97	5.48/24.34	14.06±1.68	6.34/34.61	14.53±1.8
<i>T. mastichina</i> cv. Svetliachok	1.94/8.97	3.91±1.05	1.51±6.36	3.58±0.5	9.56/31.04	21.2±1.32	2.54/14.87	7.06±1.33	1.45/8.25	3.14±0.34
<i>T. vulgaris</i> cv. Fantasia	1.53/6.21	3.76±0.35	2.97/10.44	5.77±0.8	8.61/30.97	20.23±1.27	6.13/35.92	14.52±1.49	0.78/13.39	4.48±0.62
<i>T. striatus</i> cv. Jubileiniy	0.91/15.11	4.92±1.22	1.2/13.09	4.97±0.7	2.17/24.87	6.52±1.06	5.4/30.59	21.21±1.5	1.81/12.71	5.23±0.72

Table 2

## Essential oil accumulation in thyme cultivars

Cultivar	Essential oil content, (%)/100g			
	Fresh weight		Dry weight	
	Leaf	Inflorescence	Leaf	Inflorescence
Svetliachok	1.18	1.82	2.71	5.06
Fantazia	0.1±0.005	0.41±0.03	0.28±0.02	1.36±0.12
Jubileiniy	0.21±0.02	0.45±0.01	0.66±0.06	1.5±0.03

A large number of Lamiaceae species inhabits different ecosystems and has a great diversity with a cosmopolitan distribution. The investigated plants, initially, were originated from different regions, however, had similar anatomy: epidermis with cuticle and trichomes, mechanical tissues (collenchyma and sclerenchyma) in stems, inflorescence and leaves. These all were the characteristics of xerophytic plants [8]. For this ecological group, the presence of developed trichomes is usually detected. According to our microscopic observations, non-glandular trichomes, simple and branched, were distinguished on ground tissues of all organs, with smaller amount for stems. It is well known that non-glandular trichomes form a protective barrier against low humidity, high temperatures and sun radiation [9]. Distribution of glandular trichomes was dependent on organ and species. For example, *L. angustifolia* calyxes were characterized by presence of capitate glandular trichomes with one stalk cell and unicellular ellipsoidal head (F) and glandular trichome with stalk, neck and round secretory cell (G), while stems, inflorescences and bracts predominantly had other types of trichomes. *L. intermedia* calyxes did not have capitate glandular trichomes with bicellular ovate head (H), however, other vegetative organs formed this type. The presence of one or another type of trichomes may influence on accumulation of secondary metabolites in whole. Histochemically, in *Salvia officinalis* L., terpenoids, tannins, flavonoids, sesquiterpenic lactones were detected in peltate trichomes, while terpenoids, tannins and flavonoids were revealed in capitate trichomes [10]. We observed differences in accumulation of inclusions with essential oil inside cells of capitate and peltate trichomes. In capitate trichomes, inclusions were clearly differentiated. Probably, this phenomenon associated with a stage of trichome development. It was noticed, that peltate trichomes accumulated essential oil in period of the subcuticular cavity formation [11]. We also noted some variations in the squares of the inclusions with essential oil among organs and species. In general, *L. intermedia* cv. Temp was characterized by presence of inclusions with greater squares compared with *L. angustifolia*. Particularly, these differences were clearly visible in calyx tissues. It is well known that *L. intermedia* or lavandin has close composition of essential oil to lavender, however its yield can be exceed 5 times [12].

Among thyme cultivars, essential oil accumulation decreased in the following range: *T. mastichina* cv. Svetliachok → *T. striatus* cv. Jubileiniy → *T. vulgaris* cv. Fantazia. Biochemical analysis confirmed the data about the significant biosynthesis of the

essential oil occurred in the inflorescence. In other vegetative organs, according to anatomical investigation, squares of the inclusions with essential oil varied.

### CONCLUSIONS

1. In vegetative and generative organs as well as in their internal tissues in Lamiaceae plants accumulated inclusions with essential oil.
2. Their amount and squares varied from organ to organ and from species to species.
3. The obtained data can be used in breeding process and on the stage of selection plant material during preparation to molecular analysis.

*Investigation was performed in the framework of the State Assignment №0829-2019-0038 of the FSFIS "NBG–NSC" and done on the base of the Unique Scientific Installation "Scientific Center of Plant Biotechnology, Genomics and Conservation" of the FSFIS "NBG–NSC". L. angustifolia structural investigation was supported by the Russian Science Foundation grant No. 19-76-00023.*

### References

1. Abbasova Z. G., Mamedova Z. A., Mamedov R. M. Introdukciya nekotoryh perspektivnyh lekarstvennyh i efiromaslichnyh rastenij v Mardakyanskom dendrarii, *Himija rastitel'nogo syr'ja*, **1**, 121 (2009).
2. Plugatar Yu. V., Shevchuk O. M. Results and directions of the breeding of aromatic and medicinal plants in the Nikitsky Botanical Gardens, *Bull. of the State Nikita Botan. Gard.*, **130**, 9 (2019).
3. Marko N. V., Logvinenko L. A., Shevchuk O. M., Feskov S. A. *Annotirovannyj katalog aromatischeskih i lekarstvennyh rastenij kollekcii Nikitskogo botanicheskogo sada*, 176 p. (IT «ARIAL», Simferopol, 2018).
4. Butnariu M., Sarac I. Essential Oils from Plants, *Journal of Biotechnology and Biomedical Science*, **1(4)**, 35 (2018).
5. Birulova E. G., Petrishina N. N., Epidermal structure and anatomy of vegetative organs of *Melissa officinalis* in connection with essential-oil productivity, *Optimization and Protection of Ecosystems*, **10**, 88 (2014).
6. Isikov V. P., Rabotyagov V. D., Hlypenko L. A., Logvinenko I. E., Logvinenko L. A., Kut'ko S. P., Bakova N. N., Marko N. V. *Introduction and selection of aromatic and medicinal cultures: methodological and methodical aspects*, 112 p. (NBG–NSC, Yalta, 2009).
7. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis, *Palaeontologia Electronica*, **4(1)**, 1 (2001).
8. Orel T. I. Ocenka pochvenno-klimaticheskikh resursov s cel'yu vyrashchivaniya lekarstvennyh i efiromaslichnyh rastenij, *Likarske roslynnytstvo: Vid dosvidu mynuloho do novitnikh tekhnolohii: Materialy tretoi Mizhnarodnoi naukovno–praktychnoi internet–konferentsii (Poltavs'ka derzhavna agrarna akademiya, Poltava, 2014)*, p. 64.
9. Tozin L. R. S., Silva de Melo S. C., Rodrigues T. M. Non-glandular trichomes in Lamiaceae and Verbenaceae species: morphological and histochemical features indicate more than physical protection, *N.Z. J. Bot.*, **54(4)**, 446 (2016).
10. Corsi G., Bottega S. Glandular hairs of *Salvia officinalis*: new data on morphology, localization and histochemistry in relation to function, *Annals of Botany*, **84(5)**, 657 (1999).
11. Razarenova K. N., Babushkina E. V., Smirnov P. D., Kostina O. V., Muravnik L. E., Histochemistry of officinal trichomes representing Lamiaceae family, *Medical almanac*, **3**, 193 (2017).
12. Khokhlov Yu. S., Paly A. E. Comparative characteristics of the basic economic features of inter-specific hybrids of the genus *lavandula*, *Plant biology and horticulture: theory, innovation*, **2(151)**, 76 (2019).

**Булавин И. В.** Характер накопления эфирного масла у некоторых представителей семейства *Lamiaceae* / **И. В. Булавин, С. А. Феськов, В. А. Браилко, И. В. Митрофанова** // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология, химия. – 2020. – Т. 6 (72), №3. – С. 56–62.

Эфиромасличные растения являются возобновляемым источником сырья, используемого в медицине (фитореабилитация, ароматерапия и др.), производстве парфюмерии и косметики. В Никитском ботаническом саду генофондовая коллекция ароматических и лекарственных растений представлена различными видами, подвидами, формами, сортами и гибридами, что обуславливает необходимость их комплексного анализа. Поэтому целью данного исследования было изучение анатомии органов растений и накопления эфирного масла в них. Материалом служили некоторые виды и сорта семейства *Lamiaceae*. Исследования анатомии генеративных и вегетативных органов проводили на временных препаратах, изготовленных согласно общепринятым методам; эфирное масло извлекали на аппаратах Гинзберга; данные анализировали статистически с помощью программного обеспечения PAST. Исследуемые растения относились к разным видам, однако имели общие анатомические особенности. В железках и внутренних структурах органов обнаруживали включения с эфирным маслом. Количество и площадь включений, как и процентное содержание эфирного масла, варьировали в зависимости от вида и органа. Полученные данные могут быть использованы в селекционном процессе и на этапе отбора растительного материала при подготовке к молекулярному анализу.

**Ключевые слова:** *Lamiaceae*, орган растения, анатомия, накопление эфирного масла.

**УДК 634.37:581.1:58.032.3**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-63-74**

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ И СОРТОВ *FICUS*  
В УСЛОВИЯХ ЛЕТНЕГО ДЕФИЦИТА ВЛАГИ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА**

*Гребенникова О. А., Пилькевич Р. А.*

*ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр», Ялта, Россия  
E-mail: oksanagrebennikova@yandex.ru*

В статье представлены результаты изучения засухоустойчивости 6 генотипов листопадных видов рода *Ficus*, произрастающих на коллекционных участках Никитского ботанического сада. Проведенные исследования позволили установить характерные особенности показателей водного режима, содержания пролина, активности ферментов и выявить перспективные генотипы, обладающие повышенной адаптационной способностью к дефициту влаги и возможностью осуществлять физиолого-биохимические процессы в условиях засухи – сорта Сабруция Розовая, Сары Стамбульский и вид *F. palmata*.

**Ключевые слова:** *Ficus L.*, водный режим, водный дефицит, водоудерживающая способность, засухоустойчивость, пролин, активность ферментов.

**ВВЕДЕНИЕ**

Род *Ficus L.* относится к семейству Moraceae Link и насчитывает более 1000 видов. В Никитском ботаническом саду, в качестве ценных плодовых растений, культивируют виды *Ficus carica L.*, *Ficus palmata Forsk.*, *Ficus virgata Roxb.* Известно, что наиболее популярной культурой является инжир (*Ficus carica L.*) благодаря регулярному плодоношению, раннему и продолжительному созреванию плодов, которые отличаются приятным вкусом, высокой калорийностью и диетическими свойствами [1]. Условия Южного берега Крыма в целом благоприятны для возделывания листопадных растений рода *Ficus*, однако высокая вероятность наступления засухи в летний период может отрицательно сказаться на жизнедеятельности и урожайности этой культуры [2]. Поэтому особое внимание должно уделяться вопросу засухоустойчивости, в котором главную роль играют водоудерживающая сила тканей листьев и способность к быстрому восстановлению физиологических процессов после воздействия засухи. Известно, что действие на растение стрессовых факторов сопровождается интенсификацией процессов окисления и образованием активных форм кислорода (АФК). Для предотвращения нарушений в клетках, вызванных высокими концентрациями АФК, в растениях существует антиоксидантная система, включающая как специфические окислительно-восстановительные ферменты (каталазу, супероксиддисмутазу и

различные оксидазы, в том числе пероксидазу и полифенолоксидазу), так и низкомолекулярные небелковые антиоксиданты (фенольные соединения, аскорбиновую кислоту, пролин и др.) [3, 4]. Уровень антиоксидантной защиты и способность быстро реагировать на экстремальные условия определяют устойчивость растений к стрессу [5]. Поэтому изучение активности окислительно-восстановительных ферментов и содержания низкомолекулярных протекторных соединений необходимо для выявления адаптационной способности растения к стрессовым условиям.

**Цель работы** – определить физиолого-биохимические показатели, связанные с засухоустойчивостью и на основе полученных данных выявить генотипы рода *Ficus* с высоким адаптационным потенциалом в условиях гидротермического стресса.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили листопадные виды рода *Ficus*: *Ficus carica* L., *Ficus palmata* Forsk., *Ficus virgata* Roxb., произрастающие на коллекционных участках Никитского ботанического сада. Вид *F. carica* L. был представлен 4 сортами: Крымский Черный, Сары Стамбульский, Сабруция Розовая и Опылитель Никитский (каприфига).

Изучение параметров водного режима проводили на протяжении периода вегетации 2018–2019 гг. Обводнённость тканей листьев определяли весовым методом (высушиванием навесок в термостате при 105°C до постоянного веса); водный дефицит, водоудерживающую способность и стойкость к обезвоживанию – по классическим методикам [6–8].

Биохимические параметры в листьях изучали в начале (май) и в конце (август) летнего периода 2019 г на следующих этапах эксперимента: 1. полевая обводнённость; 2. полное обводнение; 3. увядание (в течение 5 часов в мае и 2–4 часов в августе); 4. восстановление тургора тканей. Определение содержания пролина проводили по модифицированной методике Чинарда с использованием нингидринового реактива [9]. Активность пероксидазы определяли спектрофотометрически по скорости реакции окисления бензидина, полифенолоксидазы – в присутствии пирокатехина и п-фенилендиамина [10], каталазы – титриметрическим методом [11]. Повторность опытов трёхкратная. Полученные данные обрабатывали с использованием программы Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2018 г. результаты анализа водоудерживающей способности в наиболее засушливые периоды летних месяцев на ЮБК показали, что для вида *F. palmata*, сортов Сабруция Розовая и Сары Стамбульский характерна относительно высокая способность удерживать влагу. Потеря воды в первые часы увядания у этих генотипов не превышала 10–12 %, а после 6–7 часов обезвоживания потеря воды составляла не более 30 % (табл. 1). При этом сорта Сары Стамбульский и Сабруция Розовая обладают повышенными репарационными возможностями, предельная сублетальная граница потери влаги находится между 25 и 28 %. Минимальный



уровень водоудерживающих сил, и сравнительно невысокая репарация тканей листьев отмечены у вида *F. virgata* и сорта Крымский Чёрный. Сублетальным водным дефицитом для этих растений становится потеря влаги в количестве 15 %. В зависимости от погодных условий летнего сезона степень обезвоживания у данных генотипов через 5 часов увядания достигает 35–42 %, что свидетельствует о низкой стабильности водного режима. Показатели устойчивости Опылителя Никитского занимали промежуточное положение.

**Таблица 1**  
**Водоудерживающая и репарационная способность листьев генотипов**  
**рода *Ficus* (май 2018 г.)**

Генотип	Содержание воды в листьях, % от массы сырого вещества	Содержание воды в листьях, полное обводнение, % от массы сырого вещества	Водный дефицит в листьях, %	Утрачено воды в процессе увядания, %					
				1 час	2 час	3 час	Листья, восст. тургор, %	7 час	Листья, восст. тургор, %
Опылитель Никитский	69,8±1,3	74,4±1,7	6,9±0,9	12,6	14,5	18,7	70	*	
Крымский Чёрный	69,6±1,5	72,3±1,3	7,2±1,1	8,8	15,9	22,0	55	*	
Сабруция Розовая	68,5±1,1	73,0±1,0	4,6±0,7	6,0	10,2	14,5	99	29,2	90
Сары Стамбульский	67,7±0,9	71,5±1,2	5,5±0,5	6,4	11,0	15,2	100	28,6	95
<i>F. virgata</i>	68,2±1,2	72,8±1,4	6,8±1,0	9,5	16,8	20,6	66	*	
<i>F. palmata</i>	66,7±1,0	70,7±1,1	6,0±0,8	5,3	12,0	17,4	98	30,0	75

Примечание: \* – дальнейшее увядание прекращено из-за недостаточного восстановления тургора

Погодно-климатические условия летнего сезона 2019 г. были нетипичными для ЮБК. В мае наблюдалась тёплая, сухая, с незначительными осадками погода – их сумма не превысила 1 мм (3 % от нормы). В среднем за месяц температура воздуха составила +17,2°C (на 1,8°C выше нормы). Весь месяц характеризовался, в основном, повышенным температурным фоном. Из-за отсутствия хозяйственно-полезных осадков влажность почвы на метровой глубине понизилась до 28 % НВ. К

окончанию месяца температур свыше +10 °С накопилось: эффективных 282 °С, активных 802 °С, что соответственно на 63 °С и 109 °С превысило норму [12].

Обводнённость тканей листьев изучаемых растений варьировала в пределах 69,0–74,6 %, что составляло 94,6–99,6 % от полной влагоёмкости (табл. 2). Дефицит влаги в листьях разных генотипов имел существенные отличия, достигая максимального значения у сорта Крымский Чёрный (10,7 %). Минимальными показателями обводнённости листьев наряду с относительно низкими величинами водного дефицита обладали растения вида *F. palmata*. Самым высоким содержанием воды в листьях и минимальным дефицитом влаги (2,7 %) выделился сорт Опылитель Никитский. В эксперименте искусственного увядания листьев продолжительностью 5 часов проявились особенности водоудерживающих сил и репарационных возможностей исследуемых растений. Листья сортов Крымский Чёрный, Сары Стамбульский и вида *F. palmata* демонстрировали практически идентичную динамику водоотдачи, теряя по окончании опыта одинаковое количество влаги. Однако после дальнейшей регидратации восстановление тургесцентности площади листовой поверхности осуществлялось на различном уровне. Сравнительно повышенной водоудерживающей способностью отличались листья сорта Сабруция Розовая, которые теряли наименьшее количество воды, однако впоследствии восстанавливали зелёную окраску и тургор лишь наполовину. Максимально быстро теряли воду листья сорта Опылитель Никитский и вида *F. virgata*, и как следствие, глубокий уровень обезвоживания (24,0 и 34,4 %) оказывался летальным. Полученные результаты показали, что в начале летнего периода лучшими характеристиками водного режима обладали вид *F. palmata* и сорт Сабруция Розовая.

В августе наблюдалась изменчивая в первой половине месяца и жаркая, временами очень жаркая и суховейно-засушливая погода во второй половине. Средняя температура воздуха за месяц составила 24,9 °С (на 2,3 °С выше нормы), продолжительность солнечного сияния – 317 часов при норме 312. В начале месяца было относительно прохладно, прошли небольшие осадки. Среднесуточные температуры временами опускались до +21 °С и были ниже нормы, а максимальная днём не превышала +25 °С. Вторая половина августа подверглась влиянию антициклона, принёсшего на полуостров тропический воздух, среднесуточные температуры колебались в пределах +29–32 °С, иногда превышая норму на 10 °С. Максимальная температура воздуха днём достигала +36,8 °С, относительная влажность при этом опускалась ниже 30 % (в течение 2 дней). Всего осадков в Никитском саду выпало 22,3 мм (72 % от нормы), основная их часть (13,7 %) пришлось на начало месяца. Отсутствие осадков на фоне жаркой суховейно-засушливой погоды привело к снижению запасов продуктивной влаги в метровом слое под плодовыми культурами до 8 % НВ. Высокий температурный фон второй половины августа способствовал интенсивному накоплению сумм активных температур выше +10 и +20°С, которые значительно опережали норму.

Таблица 2  
Водоудерживающая способность и восстановление тургора листьев инжира  
(май 2019 г.)

Генотип	Содержание воды в листьях, % от массы сырого вещества	Содержание воды в листьях, полное обводнение, % от массы сырого вещества	Водный дефицит в листьях, %	Утрачено воды в процессе увядания, %					Листья, восст. тургор, %
				1 час	2 час	3 час	4 час	5 час	
Опылитель Никитский	74,6±1,9	76,9±2,1	2,7	9,8	13,7	17,7	20,5	24,0	25
Крымский Чёрный	71,3±1,4	75,4±2,0	10,7	4,4	7,9	11,6	13,3	17,2	10
Сары Стамбульский	73,3±1,3	73,6±1,7	8,4	7,5	9,6	12,3	14,5	16,7	40
Сабруция Розовая	74,7±1,5	75,6±2,2	6,6	5,3	7,7	9,8	12,0	14,0	50
<i>F. virgata</i>	73,8±2,2	73,7±1,9	9,6	11,7	18,0	23,4	29,2	34,4	30
<i>F. palmata</i>	69,0±0,7	70,2±1,8	3,5	7,4	10,4	13,3	15,4	17,9	60

В августе показатели содержания воды в листьях изучаемых объектов имели незначительные различия и колебались на уровне 65,7–68,4 %, что составляло от 96,0 до 98,7 % полного обводнения (табл. 3).

Водный дефицит тканей листьев находился в пределах 4,7–9,7 %. У всех исследуемых растений отмечалась более быстрая потеря влаги, чем в 2018 г., потеря влаги: в первые часы увядания листья утратили от 17,7 до 24,4 % воды. Границы сублетального водного дефицита у сортов Опылитель Никитский, Крымский Чёрный и вида *F. virgata* отмечены в рамках потери 22–24 % воды, которая наступала через 2–3 часа увядания. Дальнейшее обезвоживание приводило к необратимым повреждениям тканей, проявляющихся в виде некротических пятен площадью до 60 % поверхности листовых пластинок. Вид *F. palmata* показал средний уровень устойчивости, восстановив 80 % тканей. Наилучшие показатели продемонстрировали сорта Сары Стамбульский и Сабруция Розовая, для них отдача 26,3 и 29,8 % воды соответственно не являлась сублетальной – листья обоих генотипов восстановили равное количество тканей на высоком уровне (95 %).

Изучение биохимических параметров листьев видов и сортов рода *Ficus* в течение летнего периода выявило, что содержание пролина и активность ферментов обусловлены видовыми и сортовыми различиями.

**Таблица 3**  
**Водоудерживающая способность и восстановление тургора листьев инжира**  
**(август 2019 г.)**

Генотип	Содержание воды в листьях, % от массы сырого вещества	Содержание воды в листьях, полное обводнение, % от массы сырого вещества	Водный дефицит в листьях, %	Утрачено воды в процессе увядания, %				Листья, восст. тургор, %
				1 час	2 часа	3 часа	4 часа	
Опылитель Никитский	67,1±1,3	68,8±1,7	7,1	14,0	22,1			45
Крымский Чёрный	67,4±2,0	70,0±1,9	5,7	14,1	24,4			40
Сабруция Розовая	68,4±1,7	69,3±2,0	4,7	13,1	18,2	24,6	26,3	95
Сары Стамбульский	66,5±1,0	68,2±1,6	6,3	13,0	20,0	25,4	29,8	95
<i>F. virgata</i>	66,8±0,9	69,6±1,7	9,7	10,1	17,7	22,9		50
<i>F. palmata</i>	65,7±1,9	66,8±1,8	7,1	12,8	19,9	27,0		80

В начале летнего периода содержание пролина в листьях рода *Ficus* варьировало от 115 мкг/г у вида *F. palmata* до 539 мкг/г у сорта Опылитель Никитский (табл. 4). При полном обводнении в листьях большинства изучаемых генотипов содержание пролина снижалось. Наиболее интенсивное снижение аминокислоты происходило в листьях неустойчивых к засухе генотипов, максимальное – у сорта Опылитель Никитский (в 2,2 раза). В листьях вида *F. palmata* и сорта Сары Стамбульский содержание пролина при обводнении увеличилось (на 47,0 % и 15,8 % соответственно). При увядании листьев и последующем восстановлении в них тургора происходило увеличение концентрации данной аминокислоты в 1,3 (сорт Опылитель Никитский) – 3,5 раз (сорт Сары Стамбульский), что свидетельствует о дальнейшем развитии стресса и, как следствие, необратимых нарушениях в протекании метаболических процессов.

Активность пероксидазы в листьях инжира колебалась от 0,023 усл.ед./г·с у сорта Сары Стамбульский до 0,312 усл.ед./г·с у вида *F. virgata*, причем у неустойчивых к засухе генотипов данный показатель был выше (в 1,5–13,6 раз). При полном обводнении активность фермента снижалась у видов *F. virgata* (на 72,4 %), *F. palmata* (на 20,3 %) и сорта Опылитель Никитский (на 61,1 %), не изменяясь у

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ...**

остальных сортов. В процессе увядания и восстановления тургора выявлено увеличение пероксидазной активности в листьях большинства исследуемых генотипов в 1,7 (вид *F. palmata*) – 4,0 раза (сорт Крымский Черный), что предполагает вовлечение данного фермента в ответные реакции листопадных видов рода *Ficus* на водный дефицит. При восстановлении тургора тканей, при устранении стрессового фактора, активность пероксидазы продолжала увеличиваться, что свидетельствует о необратимых нарушениях в метаболизме. Самые низкие способности к адаптации проявил вид *F. virgata*, в листьях которого активность пероксидазы после увядания листьев снизилась.

**Таблица 4**  
**Биохимические параметры листьев генотипов рода *Ficus* в начале летнего периода (май, 2019 г.)**

	Опылитель Никитский	Крымский Черный	Сары Стам- бульский	Сабруция Розовая	<i>F. virgata</i>	<i>F. palmata</i>
Содержание пролина, мкг/г						
1	539±16	200±6	133±4	146±4	208±6	115±4
2	250±7	131±4	154±5	123±4	127±4	169±5
3	366±11	262±8	191±6	192±6	189±6	181±5
4	462±13	562±16	678±20	654±19	477±14	385±11
Активность пероксидазы, усл.ед./г·с						
1	0,252±0,00	0,106±0,00	0,023±0,001	0,047±0,002	0,312±0,0	0,069±0,00
2	0,098±0,00	0,107±0,00	0,024±0,001	0,045±0,002	0,086±0,0	0,055±0,00
3	0,184±0,00	0,127±0,00	0,079±0,002	0,052±0,002	0,051±0,0	0,104±0,00
4	0,694±0,02	0,425±0,01	0,089±0,003	0,149±0,004	0,082±0,0	0,118±0,00
Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> /г·мин						
1	43,6±1,3	44,2±1,3	42,0±1,3	42,8±1,3	41,9±1,2	42,3±1,3
2	43,0±1,3	41,9±1,2	14,7±0,4	18,1±0,6	13,9±0,4	15,7±0,5
3	45,5±1,4	44,9±1,3	43,1±1,3	45,3±1,4	44,5±1,3	44,8±1,3
4	23,1±0,7	21,9±0,7	34,1±1,0	33,4±1,0	28,2±0,8	34,0±1,0
Активность полифенолоксидазы, усл.ед./г·с						
1	0,206±0,00	0,148±0,00	0,143±0,004	0,151±0,005	0,130±0,0	0,120±0,00
2	0,269±0,00	0,103±0,00	0,157±0,005	0,131±0,004	0,161±0,0	0,155±0,00
3	0,962±0,02	1,190±0,03	0,088±0,003	0,067±0,002	0,229±0,0	0,140±0,00
4	1,429±0,04	0,568±0,01	0,146±0,004	0,156±0,005	0,370±0,0	0,259±0,00

Активность каталазы в листьях исследуемых генотипов составляла 41,9–44,2 мл O<sub>2</sub>/г·мин, что показало отсутствие видовых и сортовых отличий по этому показателю. При полном обводнении активность фермента в листьях большинства генотипов снижалась, за исключением сортов Опылитель Никитский и

Крымский Черный, отличающихся низкой засухоустойчивостью. В процессе увядания происходило увеличение активности фермента до первоначального уровня. При восстановлении тургора листьев каталазная активность снова снижалась, причем наиболее существенно у незасухоустойчивых генотипов: от 18,8 % у сорта Сары Стамбульский до 50,5 % у сорта Крымский Черный.

Активность полифенолоксидазы в листьях сортов и видов рода *Ficus* варьировала в диапазоне от 0,120 усл.ед./г·с у вида *F. palmata* до 0,206 усл.ед./г·с у сорта Опылитель Никитский. На этапе полного обводнения активность полифенолоксидазы увеличилась у большинства генотипов, снижаясь у сортов Крымский Черный и Сабруция Розовая. На стадии увядания листьев ферментативная активность снизилась у более резистентных генотипов: вида *F. palmata*, сортов Сары Стамбульский и Сабруция Розовая. При восстановлении тургора тканей в листьях изучаемых генотипов активность данного фермента увеличилась, за исключением сорта Крымский Черный.

В конце летнего периода, на фоне снижения содержания воды в листьях на 3,3–8,2 % по сравнению с показателями начала лета, концентрация пролина увеличилась в листьях наиболее устойчивых к данному стресс-фактору генотипов и понизилась у менее резистентных, варьируя от 123 мкг/г у сорта Крымский Черный до 206 мкг/г у сорта Опылитель Никитский (табл. 5). При полном обводнении листьев содержание пролина в них увеличилось у всех исследуемых генотипов. Изменение концентрации пролина в листьях сортов и видов рода *Ficus* после увядания показало, что ее выраженное возрастание происходило у чувствительного к засухе вида *F. palmata*. У сортов вида *F. carica* и вида *F. virgata* содержание пролина менялось незначительно, за исключением сорта Сары Стамбульский (возросло на 25 %).

В процессе восстановления тургесцентности наблюдалось снижение содержания данной аминокислоты у большинства изучаемых генотипов, при этом в листьях более устойчивых к засухе генотипов концентрация пролина стала ниже первоначального (полевого) уровня, а у менее устойчивых – выше. Исключение составил вид *F. virgata*, у которого уровень пролина в тканях листа после снятия стрессового воздействия практически не изменился. Поскольку известно, что пролин обладает антиоксидантным действием [5], то снижение его концентрации в процессе восстановления тургора можно объяснить участием данного вещества в регуляции процессов образования АФК, вызванного развитием стрессового состояния. Что же касается отсутствия значительных изменений у вида *F. virgata*, то это, вероятно, свидетельствует о высокой чувствительности данного вида к недостаточной водообеспеченности и дальнейшем развитии стресса.

В конце летнего сезона полевая активность пероксидазы в листьях большинства изучаемых генотипов повысилась, за исключением вида *F. virgata* и сорта Опылитель Никитский, отличающихся минимальной засухоустойчивостью и составила 0,058–0,271 усл.ед./г·с. При полном обводнении листьев у большинства генотипов активность пероксидазы снизилась. После увядания в листьях большинства генотипов активность пероксидазы увеличилась под действием стресс-фактора, за исключением сорта Опылитель Никитский, в котором наблюдалась

обратная динамика. При восстановлении тургора тканей, вероятно, в связи с устранением стрессового фактора, активность фермента в листьях всех генотипов упала до минимальных значений.

**Таблица 5**  
**Биохимические параметры листьев генотипов рода *Ficus* в конце летнего периода (август, 2019 г.)**

	Опылитель Никитский	Крымский Черный	Сары Стам-	Сабруция Розовая	<i>F. virgata</i>	<i>F. palmata</i>
Содержание пролина, мкг/г						
1	206±6	123±4	173±5	169±5	133±4	196±6
2	293±9	218±7	250±8	219±7	192±6	216±6
3	269±8	258±8	312±9	235±7	216±6	316±9
4	208±6	142±4	146±4	139±4	204±6	154±5
Активность пероксидазы, усл.ед./г·с						
1	0,120±0,00	0,271±0,00	0,067±0,00	0,080±0,00	0,058±0,00	0,079±0,00
2	0,215±0,00	0,219±0,00	0,050±0,00	0,052±0,00	0,025±0,00	0,084±0,00
3	0,161±0,00	0,291±0,00	0,150±0,00	0,144±0,00	0,122±0,00	0,209±0,00
4	0,038±0,00	0,104±0,00	0,017±0,00	0,018±0,00	0,010±0,00	0,031±0,00
Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> /г·мин						
1	85,3±2,5	86,0±2,6	84,1±2,5	85,8±2,6	81,6±2,4	83,8±2,5
2	84,4±2,5	85,5±2,6	85,2±2,5	84,6±2,5	86,1±2,6	86,0±2,6
3	86,6±2,6	68,6±2,1	82,6±2,5	81,5±2,4	85,4±2,6	81,0±2,4
4	108,2±3,2	77,9±2,3	82,0±2,4	75,1±2,2	102,8±3,1	94,9±2,8
Активность полифенолоксидазы, усл.ед./г·с						
1	0,208±0,00	0,298±0,00	0,143±0,00	0,144±0,00	0,257±0,00	0,167±0,00
2	0,224±0,00	0,158±0,00	0,115±0,00	0,112±0,00	0,149±0,00	0,195±0,00
3	0,298±0,00	0,201±0,00	0,124±0,00	0,121±0,00	0,152±0,00	0,216±0,00
4	0,199±0,00	0,162±0,00	0,169±0,00	0,136±0,00	0,132±0,00	0,183±0,00

Активность каталазы в полевых условиях к концу лета увеличилась до 81,6–86,0 мл O<sub>2</sub>/г·мин, но сортовых и видовых различий выявлено не было. При полном обводнении и увядании листьев активность фермента не изменилась, за исключением сорта Крымский Черный, где она снизилась на 20%. При восстановлении тургора тканей активность каталазы снизилась у сорта Сабруция Розовая, не изменилась у сорта Сары Стамбульский и незначительно увеличилась в листьях остальных генотипов. Отсутствие связи между активностью данного фермента и водообеспеченностью тканей листа можно объяснить реализацией защитных механизмов данной культуры к засухе с помощью других компонентов антиоксидантной системы.

В конце летнего периода активность полифенолоксидазы в листьях изучаемых генотипов составила 0,143–0,298 усл.ед./г·с, оставшись на прежнем уровне у сортов Опылитель Никитский, Сары Стамбульский и Сабруция Розовая и увеличившись у остальных генотипов. При полном обводнении у большинства генотипов полифенолоксидазная активность снизилась. После увядания в листьях сортов и видов рода *Ficus* активность данного фермента увеличилась в ответ на стресс. В листьях вида *F. virgata* увеличение активности фермента было минимальным – в пределах ошибки определения, что показывает неспособность данного вида реагировать на стресс. В листьях сортов Сабруция Розовая и Сары Стамбульский и вида *F. palmata* активность полифенолоксидазы увеличилась незначительно (на 8–11 %), тогда как у сортов Крымский Черный и Опылитель Никитский – более существенно (на 27 и 33 %), что можно объяснить различной степенью стрессового состояния. При восстановлении тургора полифенолоксидазная активность снизилась у большинства генотипов, за исключением сортов Сабруция Розовая и Сары Стамбульский. Увеличение активности полифенолоксидазы у самых устойчивых сортов после устранения стрессового фактора можно объяснить необходимостью растительного организма в окислении фенольных соединений, накопившихся под воздействием стресса.

В результате проведенных исследований установлено, что потеря воды листьями изучаемых генотипов приводит к увеличению содержания пролина, повышению пероксидазной и полифенолоксидазной активности, что указывает на вовлечение данных антиоксидантов в ответные реакции видов *F. carica*, *F. palmata* и *F. virgata* на водный дефицит.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены физиолого-биохимические показатели листьев 6 генотипов видов рода *Ficus*, связанные с засухоустойчивостью в периоды летней засухи на Южном берегу Крыма. Выявлены характерные особенности водного режима видов *F. carica*, *F. palmata*, *F. virgata* в условиях воздействия засушливых факторов. Установлено, что в адаптацию листопадных видов рода *Ficus* к проявлениям засухи существенный вклад вносят содержание пролина, активность пероксидазы и полифенолоксидазы.

Анализ полученных данных позволяет предположить, что сорта Сабруция Розовая, Сары Стамбульский и вид *F. palmata*, обладающие хорошими водоудерживающими способностями, высокой степенью репарации после критического обезвоживания и возможностью антиоксидантной системы быстро реагировать на экстремальные условия, проявляют наиболее высокую адаптационную способность к действию гидротермического стресса, что свидетельствует об их потенциальной засухоустойчивости.

#### Список литературы

1. Чернобай И. Г. Формирование сортимента субтропических культур (*Ficus carica* L., *Zizyphus jujuba* Mill.) для южных регионов России / И. Г. Чернобай, Е. Л. Шишкина, Т. В. Литвинова // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2017. – Т 144. – С. 243–247.



2. Плугатарь Ю. В. Экологический мониторинг Южного берега Крыма / Ю. В. Плугатарь, С. П. Корсакова, О. А. Ильницкий. – Симферополь, 2015. – 164 с.
3. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance / R. Mittler // Trends Plant Sci. – 2002. – Vol. 7. – P. 405–410.
4. Yadav N. Reactive oxygen species, oxidative stress and ROS scavenging system in plants / N. Yadav, S. Sharma // J. Chem. Pharm. Res. – 2016. – Vol. 8(5). – P. 595–604.
5. Suzuki N. Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction / N. Suzuki, R. Mittler // Physiol. Plant. – 2006. – Vol. 126. – P. 45–51.
6. Еремеев Г. Н. Отбор засухоустойчивых сортов и подвоев плодовых растений: метод. указания / Г. Н. Еремеев, А. И. Лищук. – Ялта, 1974. – 18 с.
7. Кушниренко М. Д. Методы оценки засухоустойчивости плодовых растений / М. Д. Кушниренко, Г. П. Курчатова, Е. В. Крюкова. – Кишинев: Штиинца, 1975. – 20 с.
8. Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур. Методические рекомендации / под ред. А. И. Лищука. – М., 1991. – 67 с.
9. Андрущенко В. К. Модификация метода определения пролина для выявления засухоустойчивых форм *Lycopersicon Tourn* / В. К. Андрущенко, В. В. Саянова, А. А. Жученко // Изв. АН МССР. – 1981. – № 4. – С. 55–60.
10. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков. – Л.: Агропромиздат, 1987. – С. 43–44.
11. Воскресенская О. Л. Большой практикум по биоэкологии. Ч. 1. / О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябышева, М. Г. Половникова. – Йошкар-Ола, 2006. – 107 с.
12. Метеорологический бюллетень за 2019 г. (Агрометеорологическая станция «Никитский сад»).

**COMPARATIVE EVALUATION OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF SOME *FICUS* SPECIES AND VARIETIES IN THE CONDITIONS OF SUMMER MOISTURE DEFICIT ON THE SOUTHERN COAST OF CRIMEA**

*Grebennikova O. A., Pilkevich R. A.*

*The Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS, Yalta, Russia  
E-mail: oksanagrebennikova@yandex.ru*

The physiological and biochemical parameters of 6 genotypes of genus *Ficus* species leaves, associated with drought tolerance during the periods of the summer drought on the Southern coast of Crimea were determined. The specific features of the water regime of the species *F. carica*, *F. palmata*, *F. virgata* under the influence of drought factors were revealed. The species *F. virgata* turned out to be the most sensitive to insufficient water supply. Weak ability to retain moisture and insufficient turgidity was observed in the leaves of the varieties Krymskiy Cherniy and Opylitel Nikitskiy. Leaves of the species *F. palmata* are characterized by reduced water cut, good water-holding ability and restore tissue turgor at a high level. Protective and adaptive reactions to water stress of the leaves of the Sabrutsiya Rozovaya and Sary Stambulskiy varieties are manifested in the economical use of moisture and protects tissues from excessive dehydration, which ensures a sufficient level of repair for normal physiological processes.

It was established that at different periods of the summer season, the biochemical parameters of the studied genotypes at different stages of the experiment varied differently. At the beginning of the summer period, in most of the studied genotypes, the

content of proline decreased under full leaves watering, with the restoration of turgidity, it increased, and at the end of the summer, the opposite changes occurred. The activity of peroxidase during restoration of tissue turgor at the beginning of the summer period increased and decreased to a minimum at the end of summer. Catalase activity at the beginning of the summer period decreased with watering the leaves and increased with wilting but at the end of the summer demonstrated no changes with watering and wilting of the leaves and varied in different directions when the turgor was restored. The activity of polyphenol oxidase at the beginning of the summer period at the stage of complete watering and restoration of turgor increased in most genotypes, changed in different directions when wilting, and in late summer it decreased during watering and restoration of turgor and increased after wilting. Despite the amplification of the drought factors, at the end of the summer period the leaves of the studied genotypes preserved the possibility to carry out normal metabolic processes to a greater extent. It was revealed that the proline content, the activity of peroxidase and polyphenol oxidase contribute significantly to the adaptation to drought of the studied genus *Ficus* species.

Analysis of the obtained data allows suggesting that the varieties Sabrutsiya Rozovaya, Sary Stambulskiy and the species *F. palmata*, which have good water-holding abilities, a high degree of repair after critical dehydration and the ability of the antioxidant system to quickly respond to extreme conditions display the highest adaptive ability to the hydrothermal stress effects, which indicates their relative drought tolerance.

**Keywords:** *Ficus L.*, water regime, water deficit, water retaining ability, drought resistance, proline, enzyme activity.

#### References

1. Chernobay I. G., Shishkina E. L., Litvinova T. V., Assortment of subtropical crops (*Ficus carica* L., *Zizyphus jujuba* Mill.) for the southern regions of Russia, *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, **144**, 243 (2017).
2. Plugatar' Yu. V., Korsakova S. P., Il'nitskiy O. A., *Ecological monitoring of the Southern coast of Crimea*, 164 p. (Arial, 2015).
3. Mittler R., Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, *Trends Plant Sci.*, **7**, 405 (2002).
4. Yadav N., Sharma S., Reactive oxygen species, oxidative stress and ROS scavenging system in plants, *Chem. Pharm. Res.*, **8**, 595 (2016).
5. Suzuki N., Mittler R., Reactive oxygen species and temperature stresses: A delicate balance between signaling and destruction, *Physiol. Plant.*, **126**, 45 (2006).
6. Eremeev G. N., Lishchuk A. I., *Selection of drought resistance varieties and rootstocks of fruit plants: methodical guidelines*, 18 p. (Yalta, 1974).
7. Kushnirenko M. D., Kurchatova G. P., Kryukova E. V., *Methods for assessing the drought tolerance of fruit plants*, 21 p. (Shtiintsa, 1976).
8. Lishchuk A. I., *Physiological and biophysical methods in the selection of fruit crops. Guidelines*, 67 p. (M, 1991).
9. Andriuschenko V. K., Sayanova V. V., Zhuchenko A. A., Modified method for proline identification in order to select drought-resistant forms of *Lycopersicon Tourn*, *Izvestiya AN MSSR*, **4**, 55 (1981).
10. Ermakov A. I., *Methods of biochemical investigations of plants*, 44 (Agropromizdat, 1987).
11. Voskresenskaya O. L., Alyabysheva E. A., Polovnikova M. G., *Large workbook in bioecology: textbook*, 107 p. (Yoshkar-Ola, 2006).
12. Weather report, Agrometeorological station «Nikitskiy sad» (Yalta, 2018–2019).

**УДК 574.472**

## **БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛУГОВОЙ ЦЕНОФЛОРЫ ГОРОДА КАЛУГИ**

*Евсеева А. А.*

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

Поскольку влияние антропогенных процессов отражается на растительности, необходимы изучение и мониторинг динамических процессов, происходящих в городской ценофлоре для оценки экологического состояния урбанизированной среды. Данное исследование останавливается на изучении биоразнообразия луговых сообществ города Калуги. В результате исследований был установлен флористический состав и биологическое разнообразие исследованных территорий луговых сообществ г. Калуги. Флористическая характеристика исследованной растительности отражает общие закономерности формирования урбанофлор. Расчёт показателей  $\alpha$ -разнообразия и их последующая математическая обработка показали, что в целом городские луговые сообщества отличаются нарушенной устойчивостью, а также испытывают на себе различные антропогенные воздействия, влияющие на показатели биоразнообразия.

**Ключевые слова:** биологическое разнообразие, луговая флора, городские луговые сообщества,  $\alpha$ -разнообразие, ценофлора Калуги.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение закономерностей и явлений, протекающих в городских флорах, является достаточно актуальным для современных флористических исследований [1–4]. Сложившиеся процессы антропогенного изменения окружающей среды достаточно разнообразно действуют на растительность в целом, и городских территорий в частности, поскольку город является наиболее антропогенно трансформированной средой. Урбанофлора характеризуется рядом специфических признаков. Среди них повышенное флористическое разнообразие, высокая иммиграция заносных видов, произрастание растений приуроченных к различным экотопам благодаря разнообразию типов обитания. Помимо слагающих ядро флоры аборигенных видов, в городе, как правило, распространены адвентивные виды [5]. На здоровье и качество среды урбанизированных территорий большое влияние оказывают растительные компоненты, как естественного, так и искусственного происхождения. Поскольку влияние антропогенных процессов отражается на растительности, необходимы изучение и мониторинг динамических процессов, происходящих в городской ценофлоре для оценки экологического состояния урбанизированной среды. В условиях «запечатанности» городской территории, любые, находящиеся в черте города зеленые объекты, в том числе и луговая растительность, выступают буферными зонами, снижая тепловое загрязнение,

регулируя влажность воздуха и поглощая осадки, нормализуя таким образом микроклимат [6]. Исходя из этого, важным является исследование городских ценофлор.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Луговая растительность города Калуги изучалась нами в 2014–2015 годах. Материал собирался площадным методом, было выбрано 25 точек исследования, в которых были заложены учетные площадки (рис. 1). За период исследования было проведено 125 классических флористических описаний. Непосредственно луговые экосистемы в Калуге занимают небольшие участки городской территории. Большинство луговых сообществ города являются вторичными по генезису, постепенно формирующие зональные типы растительности. Это такие сообщества, как неухоженные газоны, (площадки исследования 9–12), растительность, возникающая спонтанно на месте нарушенных антропогенной деятельностью участков городской территории (площадки исследования 2, 3, 8, 13–16), заброшенные сельскохозяйственные угодия (например, площадки 21–22 в микрорайоне Ждамирово). Пойменные луга в черте города распространены вдоль Оки, а также малых рек Калуги – Яченки и Калужки (площадки 4–7, 17–20, 23–25).

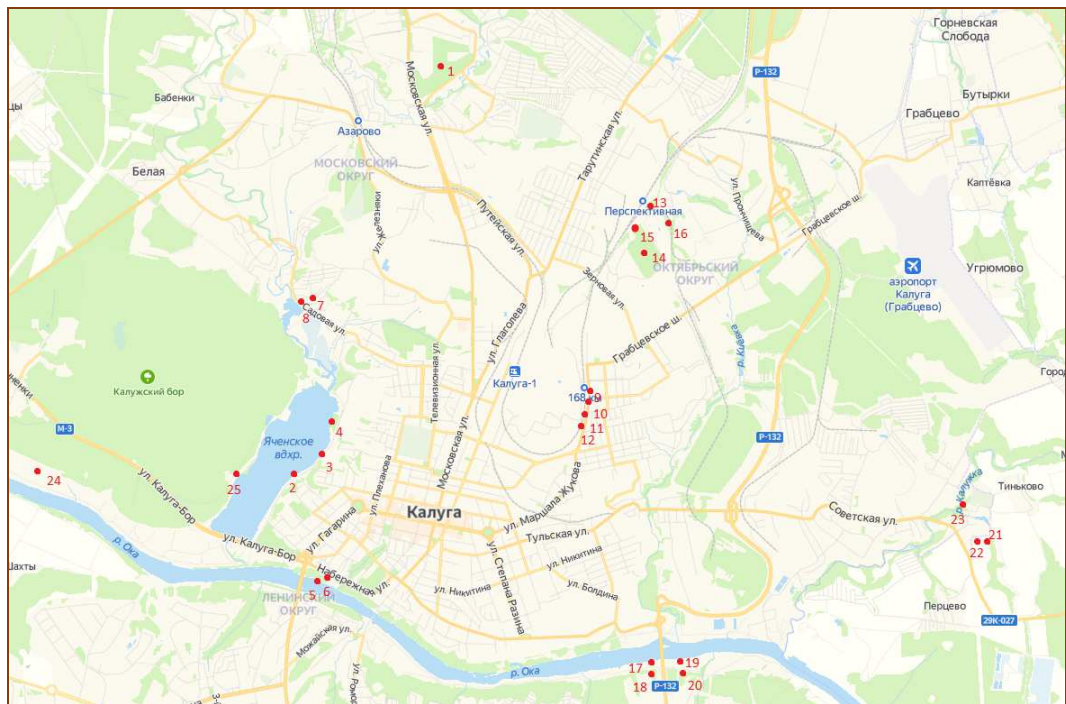


Рис. 1. Расположение площадок исследования в луговых сообществах города Калуги.

Для расчета биологического разнообразия ( $\alpha$ -разнообразия) использовалась следующая формула [7]:

$$\alpha = \frac{\text{число.видов}}{\text{площадь.участка}(m^2)}$$

Расчет велся с использованием классических методов математической статистики [8], а также прикладного пакета программ Microsoft office.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в исследованных луговых сообществах Калуги было обнаружено 266 видов сосудистых растений, относящихся к 159 родам и 41 семейству. Показатели основных пропорций флоры указывают на высокую монотипизацию родов (табл. 1). Выявлено, что 128 родов монотипные или включают по 2 вида. Это возможно объяснить тем, что в урбанизированной среде, испытывающей достаточно высокие антропогенные нагрузки, могут сохраняться не все зональные представители родов, а лишь некоторые виды.

Таблица 1

#### Видовое богатство и систематическое разнообразие луговой ценофлоры города Калуги

Количество			Пропорции		
семейств	родов	видов	в/с	р/с	в/р
41	159	266	6,50	3,88	1,67

В/с – среднее число видов в семействе; р/с – среднее число родов в семействе; в/р – среднее число видов в роде.

Семействами, составляющими наибольшие доли от общего количества видов луговой флоры являются *Asteraceae*, *Poaceae*, *Fabaceae*, *Rosaceae*, *Labiatae*, *Umbelliferae*, *Scrophulariaceae*, *Cruciferae*, *Caryophyllaceae*, *Cyperaceae*. Как видно из таблицы 2, лидирующим семейством изученной ценофлоры является *Asteraceae*, на его долю приходится почти 1/5 часть всех выявленных родов и видов. Подавляющее большинство видов данного семейства относится к нарушенным экотопам, это сорные виды и интродуценты. Из 47 выявленных для данного семейства видов всего 17 относятся к ненарушенным луговым сообществам. Следует отметить, что *Asteraceae* включает 6 адвентивных видов: *Bidens frondosa* L., *Erigeron canadensis* L., *Helianthus tuberosus* L., *Solidago gigantea* Ait., *S. Canadensis* L., *Xanthium albinum* (Widd.) H. Scholz, причем 3 последних включены в Черную книгу Калужской области и представляют угрозу для аборигенных растительных сообществ [9, 10]. Также богаты сорными и заносными видами семейства *Cruciferae* и *Labiatae*, причем *Cruciferae* характеризуется как антропофильное семейство многими авторами [11]. *Labiatae*, в свою очередь, обычно характеризует городскую флору как азональную аридную, поскольку является термофильным семейством [6]. Высокая доля участия семейств *Poaceae* и

*Fabaceae*, с большим содержанием типичных луговых видов, указывают на луговой тип изучаемой флоры. Как известно, присутствие в луговой растительности городов синантропного ядра, включающего сорные и адвентивные виды, близкие по видовому разнообразию к рудеральной растительности, свидетельствует об изменениях флоры под воздействием антропогенной нагрузки [12].

**Таблица 2**

**Спектр ведущих семейств луговой ценофлоры города Калуги**

№	Семейства	Число родов		Число видов	
		Общее кол-во	% от общего числа	Общее кол-во	% от общего числа
1.	Asteraceae	29	18,2	47	17,6
2.	Poaceae	18	11,3	29	10,9
3.	Fabaceae	9	5,7	18	6,7
4.	Rosaceae	7	4,4	17	6,4
5.	Labiatae	9	5,7	13	4,9
6.	Umbelliferae	10	6,3	13	4,9
7.	Scrophulariaceae	8	5	12	4,5
8.	Cruciferae	9	5,7	12	4,5
9.	Caryophyllaceae	8	5	10	3,8
10.	Cyperaceae	4	2,5	10	3,8
	Остальные	48	30,2	85	32
	Всего	159	100	266	100

Спектр ведущих родов представлен на рисунке 2. Как уже было сказано, рода изучаемой ценофлоры достаточно монотипизированы, поэтому наиболее многочисленные из представленных включают не более 7 видов. Наибольшее количество видов содержат род *Poa*, богатый видами луговых экотопов (*Poa pratensis* L., *P. trivialis* L. и др.) и род *Carex*, содержащий опушечно-луговые и болотно-луговые виды в своем составе, такие как *Carex hirta* L., *C. contigua* Норре, *C. leporina* L. На втором месте по распространению находится род *Trifolium*, включающий в основном типично луговые виды, за исключением сорного *Trifolium arvense* L. Наибольшее участие перечисленных родов характеризует флору, как луговую. Однако, здесь следует выделить рода *Artemisia*, *Cirsium*, *Rorippa* и *Rumex*, имеющие в своем составе типичные сорные виды (*Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Artemisia vulgaris* L., *Rorippa anceps* (Wahlenb.) Reichenb., *Rumex confertus* Willd. и др.). Отдельно в этом спектре следует отметить род *Dactylorhiza*, относящийся к орхидеям Калужской области. Среди встреченных в городских луговых комплексах представителей здесь *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo, *D. fuchsii* (Druce) Soo, *D.*

*incarnata* (L.) Soo, *D. baltica* (Klinge) Orlova, последний из которых является краснокнижным видом Калужской области [13].

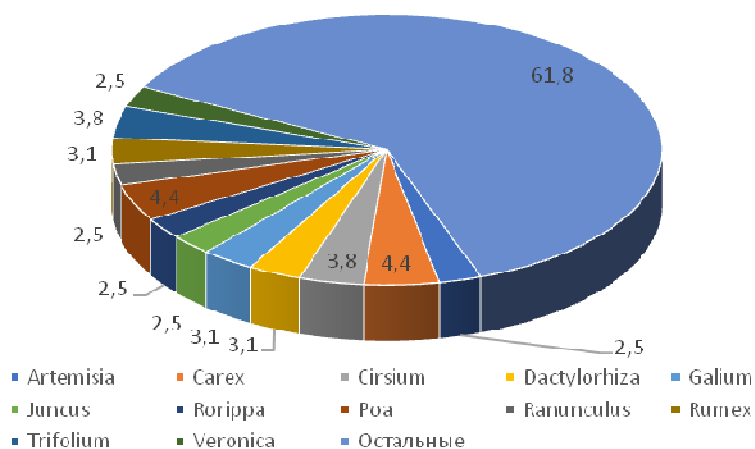


Рис. 2. Спектр ведущих родов луговой ценофлоры города Калуги, %

Наиболее распространенные виды луговой растительности Калуги приведены в таблице 3. Среди 10 наиболее часто встреченных нами на площадках исследования в основном луговые виды. Из сорных видов здесь присутствует *Artemisia vulgaris* L.

**Таблица 3**  
Виды с наиболее высокими показателями встречаемости луговой ценофлоры города Калуги

№	Название вида	Встречаемость видов на площадках	% встречаемости от общего числа площадок
1.	<i>Achillea millefolium</i>	84	67,2
2.	<i>Dactylis glomerata</i>	79	63,2
3.	<i>Taraxacum officinale</i>	77	61,1
4.	<i>Phleum pratense</i>	69	55,2
5.	<i>Tanacetum vulgare</i>	68	54,4
6.	<i>Centaurea jacea</i>	61	48,8
7.	<i>Trifolium pratense</i>	57	45,6
8.	<i>Festuca pratensis</i>	56	44,8
9.	<i>Artemisia vulgaris</i>	52	41,6
10.	<i>Potentilla anserina</i>	48	38,4

Ряд видов не занял ведущие положения в рейтинге по частоте встречаемости, однако эти виды тоже являются достаточно распространенными (встречаемость достигает до 32 %), и среди таких видов достаточно много типичных синантропных. Это, к примеру *Artemisia absinthium* L., *Arctium tomentosum* Mill., *Carduus acanthoides* L., *Rumex confertus* Willd., *R. crispus* L., *Convolvulus arvensis* L., *Geum urbanum* L., *Plantago major* L., *Urtica dioica* L.

Также при исследовании флористического разнообразия луговых сообществ были обнаружены два охраняемых вида Калужской области и места их произрастания [13]. Это *Scabiosa ochroleuca* L., встреченная на 22 учетной площадке (рис. 1), находящейся на суходольном лугу в прибрежной зоне памятника природы федерального значения Калужский городской бор. Ее присутствие на территории города объясняется феноменом «Окской флоры», благодаря которому пойменные луга Оки и ее притоков вызывают интерес у исследователей флоры и растительности [9]. Вторым обнаруженным видом Красной книги Калужской области является *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Orlova, указанный выше, обнаруженный нами на сыром лугу на площадке 13, вместе с остальными орхидными, выявленными в ходе настоящего исследования, что делает данные луговые комплексы в районе ж/д станции «Перспективная» интересными с точки зрения флористических наблюдений.

Учет биологического разнообразия требует измерений, которые становятся возможными при количественном описании качественных признаков [14]. Для этого нами были использованы математические методы, с помощью которых было рассчитано  $\alpha$ -разнообразие. Под оценкой  $\alpha$ -разнообразия в данной работе принята простая мера биологического разнообразия – видовое богатство или видовая насыщенность (число видов на единицу площади). Для исследованных площадок были рассчитаны показатели  $\alpha$ -разнообразия в 2010 и 2015 годах дважды в сезон – в июне и августе. Интересным стало то, что в 2010 году на Европейской территории России наблюдалась жаркая погодная аномалия и, поскольку это совпало с нашими наблюдениями, мы можем видеть изменения показателей  $\alpha$ -разнообразия в течение вегетационного периода в условиях аномально жаркого лета и сравнить их с показателями  $\alpha$ -разнообразия, полученными в обычных климатических условиях. Рассмотрим сначала площадки с наибольшими и наименьшими показателями  $\alpha$ -разнообразия (рис. 3 и 4). На обеих гистограммах мы можем наблюдать пики на определенных площадках. Это площадки под номерами 1, 2, 8, 9, 13, 14, 16, 20, 24 и 25. На площадках 2 и 8 высокое  $\alpha$ -разнообразие может быть объяснено тем, что данные сообщества образовались на нарушенных землях, захваченных видами-пионерами, а также различными синантропными видами, включая рудеральные виды и прочие экологические группы нарушенных местообитаний. Площадки точек 1 и 25 несут достаточно высокую рекреационную нагрузку. Луговые комплексы площадок 9, 13, 14 и 16 располагаются недалеко от железнодорожной ветки, что, возможно, является причиной их высокого разнообразия за счет заносных видов и видов нарушенных местообитаний. Площадки 20 и 24 находятся в типичных пойменных лугах, богатых луговым разнотравьем, рекреационная нагрузка здесь относительно низкая. Возможно, данные условия и определяют здесь богатое



## БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛУГОВОЙ ЦЕНОФЛОРЫ ...

видовое разнообразие. Гистограммы демонстрируют также и площадки с наименьшим разнообразием (учетные площадки 5, 6, 18, 19). Данные площадки располагаются на пойменных лугах р. Оки в черте города, находятся в прибрежных зонах, недалеко от уреза воды и, возможно, это объясняет относительно низкое биоразнообразие здесь. Точка б также несет высокую рекреационную нагрузку из-за близкого расположения к историческому центру города и подвергается регулярному вытаптыванию.

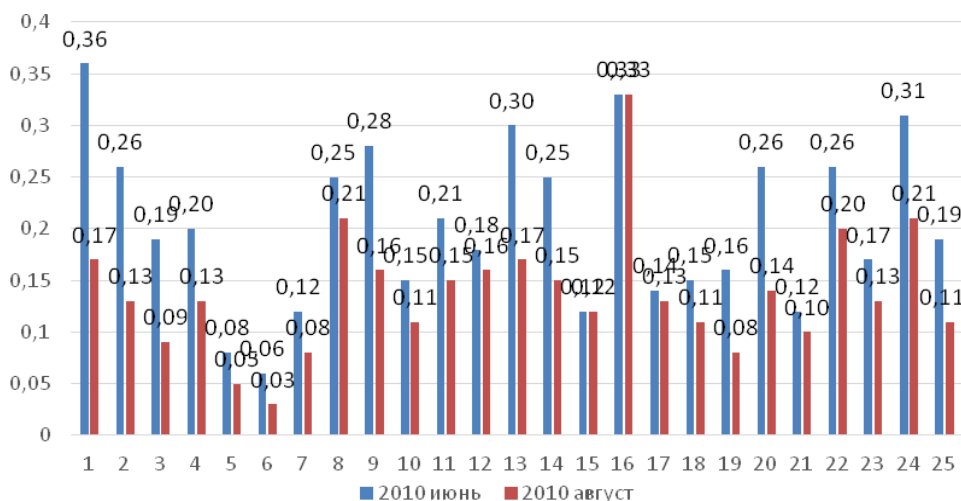


Рис. 3. Показатели  $\alpha$ -разнообразия на учетных площадках в 2010 году.

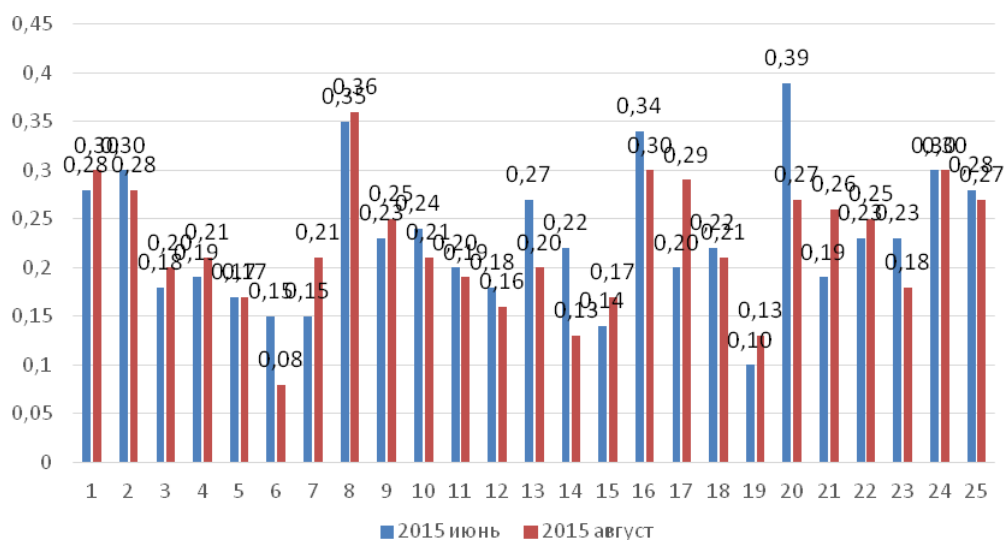


Рис. 4. Показатели  $\alpha$ -разнообразия на учетных площадках в 2015 году.

При сравнении графического выражения показателей  $\alpha$ -разнообразия в 2010 и 2015 годах можно видеть различия между показателями определенных площадок в разные периоды вегетационного сезона. В 2010 году наблюдается значительное снижение разнообразия во второй период наблюдений практически на всех учетных площадках. В 2015 году на разных площадках наблюдается различная динамика и там, где  $\alpha$ -разнообразие снизилось в течение данного сезона вегетации, нет настолько выраженного снижения, как было в августе 2010 года. Предполагаем, что такое явление в 2010 году обусловлено, как было сказано выше, аномально жаркой погодой, установившейся в начале июля и отсутствием осадков на протяжении двух летних месяцев. Для подтверждения предположения данные были подвергнуты математическому анализу, в ходе которого были рассчитаны средняя арифметическая  $\alpha$ -разнообразия и ряд дополнительных статистических параметров (табл. 3).

Таблица 3

Средние величины  $\alpha$ -разнообразия луговых сообществ

Выборка	$\bar{X}$	$\sigma$	Ошибка средней арифметической	Коэффициент вариации V, %
Калуга, июнь 2010	0,204	0,079	0,016	38,93
Калуга, август 2010	0,138	0,060	0,012	43,67
Калуга, июнь 2015	0,229	0,0707	0,014	30,87
Калуга, август 2015	0,223	0,0656	0,013	29,42

Можно видеть, как значительно отличается средняя арифметическая, составляющая  $0,138 \pm 0,012$ , полученная в августе 2010 года от остальных средних величин. Помимо изучения луговых сообществ, в этот же период нами изучались городские лесные фитоценозы, и для них рассчитаны аналогичные величины (табл. 4).

Таблица 4

Средние величины  $\alpha$ -разнообразия лесных сообществ

Выборка	$\bar{X}$	$\sigma$	Ошибка средней арифметической	Коэффициент вариации V, %
Калуга, июнь 2010	0,19	0,064	0,012	33,68
Калуга, август 2010	0,15	0,039	0,007	26,00
Калуга, июнь 2015	0,20	0,068	0,013	34,00
Калуга, август 2015	0,19	0,059	0,011	31,05

Здесь прослеживается также выраженное падение  $\alpha$ -разнообразия в августе 2010 года, но не такое резкое, как в луговых сообществах, возможно благодаря тому, что лесные экосистемы аккумулируют запасы влаги и предохраняют растения травянистого яруса от излишнего испарения и высыхания. Коэффициент вариации может говорить о стабильности системы. Варьирование считается сильным уже при  $V > 25\%$  [8]. Наиболее асимметричным рядом является показатель коэффициента вариации показателей луговых сообществ в августе 2010 г. (табл. 3), что может подтверждать выдвинутое предположение о наименьшей сопротивляемости луговых экосистем сложившимся погодным условиям. Следует отметить, что коэффициент вариации не был ниже 25% ни в один период наблюдений, что говорит о нарушении устойчивости исследованных городских сообществ. Графическое выражение показателей средних величин  $\alpha$ -разнообразия представлено на гистограмме (рис. 5).

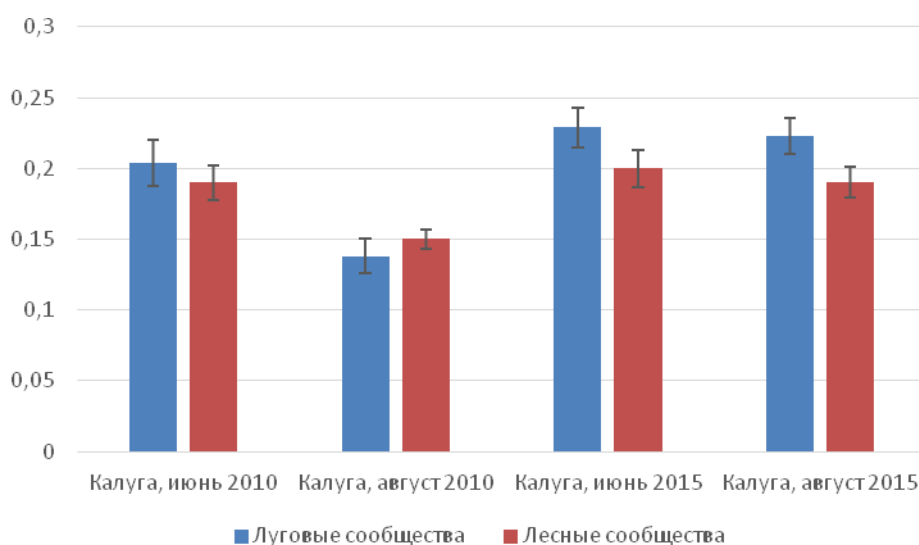


Рис. 5. Средние величины  $\alpha$ -разнообразия луговых и лесных сообществ г. Калуги.

Данные результаты указывают, что в условиях жаркой погодной аномалии лета 2010 года произошло снижение биоразнообразия как луговых, так и лесных городских растительных сообществ, но луговые сообщества оказались более уязвимыми к данным климатическим факторам.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований был установлен флористический состав и биологическое разнообразие исследованных территорий луговых сообществ г. Калуги. Флористическая характеристика исследованной растительности отражает

общие закономерности формирования урбанофлор. Отмечается высокая монотипизация некоторых таксонов, присутствие во всех распространенных семействах и родах синантропных представителей. Были выявлены виды Красной книги Калужской области, что имеет важное значение для дальнейшего мониторинга и сохранения отдельных, интересных во флористическом отношении луговых растительных комплексов города. Расчёт показателей  $\alpha$ -разнообразия и их последующая математическая обработка показали, что в целом городские луговые сообщества отличаются нарушенной устойчивостью, а также испытывают на себе различные антропогенные воздействия, влияющие на показатели биоразнообразия.

### Список литературы

1. Третьякова А. С. Флора города Екатеринбурга / А. С. Третьякова, Е. А. Шурова // Ботанический журнал. – 2013. – Т. 98, № 2. – С. 210–219.
2. Бордей Р. Х. Флора урбанизированной среды и ее особенности (на примере города Сургута) / Р. Х. Бордей // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 4. – С. 7–13.
3. Димитриев Ю. О. Эколого-ценотический анализ парциальных флор города Ульяновска / Ю. О. Димитриев // Вестник Чувашия государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2014. – № 4 (84). – С. 57–62.
4. Скляр Е. А. Изучение флоры города Курска методом сеточного картирования / Скляр Е. А. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – № 2. – С. 90–97.
5. Баранова О. Г. Классификация городских местообитаний городов Удмуртской республики / О. Г. Баранова, Е. Н. Бралгина // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2015. – Т. 25, № 1. – С. 34–39.
6. Левашов А. Н. Адвентивный компонент луговых сообществ города Вологды / А. Н. Левашов, Д. Д. Шарова // В сборнике: Эволюционные и экологические аспекты изучения живой материи. Материалы I Всероссийской научной конференции. В 4-х книгах. Ответственный редактор Н. Я. Поддубная. – 2017. – С. 9–18.
7. Миркин Б. М. Современная наука о растительности: учебник / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, А. И. Соломещ. – М.: Логос, 2002. – 264 с.: ил. С. 92.
8. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб. Пособие для биол. Спец. Вузов–4-е изд., перераб. Доп. / Лакин Г. Ф. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.: ил.
9. Решетникова Н. М. Калужская флора: аннотированный список сосудистых растений Калужской области / Н. М. Решетникова [и др.]. – М.: Товарищество науч. изданий КМК, 2010. – 549 с.
10. Решетникова Н. М. Черная книга Калужской области. Сосудистые растения. / Решетникова Н. М., Майоров С. Р., Крылов А. В. – Калуга, ООО «Ваш Домь», 2019. – 342 с.: ил.
11. Швецов А. Н. Дикорастущая флора города Москвы: Автореф. дис. ... канд.биол. наук: 03.00.05. / Швецов А. Н. – М., 2008. – 23 с.
12. Хромова Т. М. Эколого-флористический мониторинг урбанизированных территорий на примере городов Орловской области / Т. М. Хромова, С. Д. Князев, О. Ю. Емельянова, Е. В. Золотарёва // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – № 133. – С. 17–23.
13. Красная книга Калужской области : в 2 т. – [2-е изд.]. – Калуга : Ваш Домь, 2015. – Т. 1 : Растительный мир / пред. редкол. В. А. Антохина. – 536 с.
14. Русанов А. М. Организация оценки альфа- и бета- разнообразия естественной растительности северо-восточного Прикаспия / А. М. Русанов, А. А. Нургалиева, С. Ж. Ибадуллаева, К. Усен // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 4 (204). – С. 65–73.

THE BIOLOGICAL DIVERSITY OF MEADOW COENOFLOTA OF THE  
KALUGA CITY

*Evseeva A. A.*

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

The study of patterns and phenomena occurring in urban flora is quite relevant for modern floristic research. Urban flora is characterized by a few specific features. These include increased floristic diversity, high immigration of introduced species, and the growth of plants confined to different ecotopes due to the variety of habitat types. Since the influence of anthropogenic processes affects vegetation, it is necessary to study and monitor the dynamic processes occurring in the urban cenoflora in order to assess the ecological state of the urban environment. This study focuses on the study of the biodiversity of meadow communities in the Kaluga city.

We studied the meadow vegetation of the city of Kaluga in 2014–2015. The material was collected using the areal method. 25 research points were selected, which included accounting platforms. During the study period, 125 classical floral descriptions were carried out. Directly meadow ecosystems in Kaluga occupy small areas of urban territory. Most of the city's meadow communities are of secondary origin, gradually forming zonal vegetation types. In total, 266 species of vascular plants belonging to 159 genera and 41 families were found in the studied meadow communities of Kaluga. The main indicators of the proportions of the flora indicated a high monotypic genera. It is established that 128 genera are monotypic or include 2 species in each. This can be explained by the fact that not all zonal representatives of genera, but only some species, can be preserved in an urbanized environment that experiences sufficiently high anthropogenic loads. When studying the floristic diversity of meadow communities, two protected species of the Kaluga region and their places of growth were found-*Scabiosa ochroleuca* L. and *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Orlova. In this paper, we use a simple measure of biological diversity-species richness or species saturation (the number of species per unit area). For the studied sites,  $\alpha$ -diversity indicators were calculated in 2010 and 2015 twice per season-in June and August.

As a result of the research, the floristic composition and biological diversity of the studied territories of meadow communities in Kaluga were established. Floristic characteristics of the studied vegetation reflects the General regularities of formation of urban flora. The calculation of  $\alpha$ -diversity indicators and their subsequent mathematical processing showed that, in General, urban grassland communities are characterized by impaired stability, and also experience various anthropogenic impacts that affect biodiversity indicators.

**Keywords:** biological diversity, meadow flora, urban meadow communities,  $\alpha$ -diversity, Kaluga coenoflora.

References

1. Tretyakova A. S. Flora of the Yekaterinburg city, *Botanic journal*, **98**, **2**, 210 (2013).

2. Bordey R. H. flora of the urbanized environment and its features (on the example of the Surgut city), *Problems of regional ecology*, **4**, 7 (2014).
3. Dimitriev Yu. O. Ecological and coenotic analysis of partial floras of the Ulyanovsk city, *Bulletin of the Chuvash state pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev*, **4 (84)**, 57 (2014).
4. Sklyar E. A. Studying the flora of the Kursk city by grid mapping, *Bulletin of the Voronezh state University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, **2**, 90 (2016).
5. Baranova O. G. Classification of urban habitats of cities of the Udmurt Republic, *Bulletin of the Udmurt University. Biology Series. Earth Sciences*, **25, 1**, 34 (2015).
6. Levashov A. N., Sharova D. D. Adventive component of meadow communities of Vologda (In: Evolutionary and ecological aspects of the study of living matter. (Materials of the first all-Russian scientific conference. In 4 books., 2017), p. 9–18.
7. Mirkin B. M., Naumova L. G., Solomeshch A. I. *Modern science of vegetation: textbook*, 264 p.: II.P. 92. (M.: Logos, 2002).
8. Lakin G. F. *Biometrics: Textbook. Benefit for biol. Specialist. Universities*, 352 p. (Higher. school, Moscow, 1990).
9. Reshetnikova N. M. Kaluga flora: annotated list of vascular plants of the Kaluga region, 549 p. (Partnership of scientists. KMC publications, Moscow, 2010).
10. Reshetnikova N. M., Mayorov S. R., Krylov A. V. *Black book of the Kaluga region. Vascular plants*, 342 p. (LLC Vash Dom, 2019).
11. Shvetsov A. N. *Wild flora of the city of Moscow*: autoref. dis. ... kand. Biol. nauk: 03.00.05., 23 p. (Moscow, 2008).
12. Khromova T. M. Ecological and floristic monitoring of urbanized territories on the example of cities in the Oryol region, *Bulletin Of the state Nikitsky Botanical garden*, **133**, 17 (2019).
13. *Red book of the Kaluga region*: in 2 vols. 2nd ed. Vol. 1: Plant world – 536 p. (Vash Dom, Kaluga, 2015).
14. Rusanov A. M. the assessment of alpha- and beta- diversity of natural vegetation North-East of the Caspian sea, *Bulletin of the Orenburg state University*, **4 (204)**, 65 (2017).

**УДК 612.75**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-87-96**

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЗЫ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА С УРОВНЕМ ТРЕВОЖНОСТИ И САМОРЕГУЛЯЦИИ**

*Кайгородова Н. З., Кузьмина А. С., Яценко М. В.*

*ФГБОУ ВО Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия  
E-mail: e.yatsenko@mail.ru*

В статье представлены результаты исследования взаимосвязи уровня тревожности и общей саморегуляции со стабیلοграфическими характеристиками позы тела человека до и после использования стабیلοграфической тренировки равновесия с визуальной биологической обратной связью, направленной на развитие произвольной регуляции движений. Показано, что после выполнения упражнения наблюдалось уменьшение всех стабیلοграфических характеристик; это свидетельствует о повышении устойчивости позы, а активация механизмов произвольной регуляции снижает влияние личностной тревожности на устойчивость поддержания позы тела человека.

**Ключевые слова:** регуляция позы тела человека, стабیلοграфический метод, стабیلοграфические характеристики устойчивости тела, личностная тревожность, саморегуляция.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Эффективность деятельности человека в значительной степени зависит от способности с наименьшими затратами удерживать определенные позы и при необходимости изменять их. Поэтому исследование особенностей регуляции позы тела человека является актуальным предметом исследований и в настоящее время.

Вертикальная поза человека является активной, т.е. поддерживается за счет постоянного напряжения большого числа мышц и хорошее согласование их активности является важнейшим условием эффективности деятельности.

В процессе поддержания вертикальной позы выделяют два уровня построения движения, а именно: психический и механический. Первый задает цели и характеристики движения, законы управления, которые выполняются механической системой [1]. Взаимосвязь этих уровней обеспечивается механизмами регуляции.

В процессе регуляции позы в условиях спокойного стояния или при осуществлении произвольных движений участвуют разные уровни центральной нервной системы: спинной мозг, ствол мозга, мозжечок, кора больших полушарий, куда поступает информация от зрительного и вестибулярного анализаторов, проприоцепторов мышц, обеспечивая непроизвольный и произвольный уровни регуляции.

Одним из современных методов оценки механизмов регуляции позы является стабیلοграфический метод – это регистрация колебаний проекции центра тяжести

человека на плоскость платформы с целью диагностики и оценки состояния двигательного-координационной сферы и системы пространственной ориентации [2].

Уже в одной из первых монографий, посвященных стабильности, было отмечено, что устойчивость вертикальной позы существенно зависит от состояния нервной системы [3].

В свою очередь в психологических исследованиях показана взаимосвязь телесных реакций человека с его психологическими особенностями.

Так, В. Райх заметил, что доминирующие черты характера часто проявляются в телесной сфере (в походке, жестах, позе мимике и др.) [4].

Стадников Е. Н., Стадникова Н. Е. отмечают наличие взаимосвязи позы человека и его эмоциональной сферы [5].

Имеются исследования взаимосвязи показателей уровня нейротизма и экстраверсии с познотоническими реакциями человека [6].

В стабильностных исследованиях показано, что на характер и степень колебания центра тяжести оказывают влияние многие факторы, в том числе эмоциональное состояние человека [7]. К характеристикам эмоционального состояния относится и уровень тревожности человека. Однако проблема взаимосвязи между особенностями удержания вертикальной позы и уровнем тревожности человека недостаточно раскрыта.

В свою очередь хорошо известно, что функциональное состояние нервной системы определяется как внешними, так и внутренними факторами. К последним относятся, в том числе психологические особенности человека [8–11].

Методы стабильности и стабильности широко используются не только для диагностических целей, но и в реабилитационных мероприятиях [12, 13].

Основа процесса тренировки равновесия сегодня – визуализация стабильности или её эквивалентов, в реальном масштабе времени. Человек наблюдает перемещения собственного центра тяжести на экране монитора и путем произвольной регуляции может влиять на эти перемещения на основе биологической обратной связи (БОС). После нескольких тренировок стабильность поддержания позы тела человека возрастает как в обычных условиях (глаза закрыты или открыты), так и в условиях визуальной биологической обратной связи [7].

В ряде исследований показано, что использование метода биологической обратной связи для тренировки саморегуляции физиологических реакций, способствует улучшению функционального состояния, в том числе больных людей, снижению уровня тревоги и повышению результативности деятельности [2, 14, 15].

Имеются данные о влиянии свойств личности на результаты произвольной БОС-регуляции биоэлектрической активности мозга [16, 17].

Как эффективность таких тренировок управлением позой тела зависит от психологических особенностей испытуемых, к которым относится уровень тревожности и саморегуляции, изучено недостаточно.

Целью данной работы явилось исследование взаимосвязи стабильностных характеристик колебаний проекции центра тяжести тела человека с уровнем тревожности и саморегуляции в условиях произвольной и произвольной регуляции позы тела.



## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие студенты 2-го курса в количестве 25 человек женского пола.

Эффективность поддержания позы оценивалась с помощью с помощью автоматизированного комплекса «Стабилан-01». Стабилографический метод основан на регистрации показателей колебаний проекции центра тяжести (ПЦТ) испытуемого на плоскость платформы, в центр которой он встает. Колебания тела испытуемого улавливаются с помощью датчиков, расположенных с четырех сторон этой платформы.

Изучение характеристик проекции на платформу центра тяжести проводилось с помощью теста Ромберга, состоящего из двух проб – с открытыми и закрытыми глазами. Для выполнения теста пациент становился на стабилоплатформу, расстояние между пятками 2 см, носки разведены на угол в 30 градусов. Пробы проводились последовательно, одна за другой. В каждой пробе после проведения “центрирования” ПЦТ производилась запись сигнала. В пробе с открытыми глазами использовалась визуальная стимуляция в виде чередующихся кругов разного цвета. При этом пациенту необходимо было (для отвлечения внимания) сосчитать количество белых кругов. В пробе с закрытыми глазами для той же цели использовалась звуковая стимуляция в виде тональных сигналов, количество которых также необходимо было сосчитать. Длительность пробы составляла 50 с, причем 20 с из них отводилось пациенту для «привыкания», а время регистрации перемещения ПЦТ составляло 30 с [7].

При этом фиксировались такие показатели, как: разброс колебаний проекции центра тяжести в сагитальной и фронтальной плоскостях (мм), длина (мм) и площадь колебаний (кв. мм).

Увеличение разброса по разным направлениям говорит об уменьшении устойчивости испытуемого в одной плоскости.

Длина кривой статокинезиграмм (мм) – интегральный параметр, значение которого говорит о величине колебаний тела пациента (чем больше длина, тем больше величина колебаний).

Площадь статокинезиграмм (кв. мм) отражает суммарную рабочую площадь опоры человека. Увеличение этого показателя свидетельствует об ухудшении устойчивости человека, а уменьшение, – наоборот, об улучшении.

Тест Ромберга проводился дважды: до и после использования обучающей стабилографической методики.

В качестве средства обучения контролю позы использовалась компьютерная стабилографическая игра «Мячики», в процессе которой выполняются двигательные действия, обеспечивающие произвольное перемещение центра тяжести тела испытуемого, тем самым, тренируя функцию равновесия.

Личностная тревожность оценивалась с помощью методики Спилбергер-Ханина [18].

Уровень общей саморегуляции определялся с помощью теста В. И. Моросановой [19].

Полученные данные были подвергнуты математико-статистической обработке с помощью программы SPSS 23. Использовались такие методы, как сравнение средних значений по t-критерию Стьюдента, корреляционный анализа Спирмена.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе результатов оценки уровня личностной тревожности (ЛТ) было выделено две группы испытуемых:

1-я – со средним уровнем тревожности (11 чел.).

2-я – с высоким уровнем тревожности (14 чел.)

Студентов с низким уровнем тревожности в выборке студентов обнаружено не было.

Сравнение показателей стабильности в выделенных группах представлено в таблице 1.

Как можно видеть из таблицы, между группами студентов, различающихся уровнем ЛТ были обнаружены значимые различия по таким показателям как разброс фронтальный при закрытых глазах, разброс саггитальный при открытых глазах, длина траектории разброса при открытых и закрытых глазах и площадь проекции при открытых глазах. Все показатели достоверно выше ( $p \leq 0,05$ ) были в группе высокотревожных испытуемых.

Таблица 1

Показатели стабильности в выделенных группах в исходном состоянии

	группа	Кол-во испытуемых	Среднее	Ошибка среднего	Уровень значимости (p)
раз фронт (о), мм	1	11	2,23	0,17	0,96
	2	14	2,25	0,15	
раз фронт (з), мм	1	11	3,79	0,35	*0,03
	2	14	5,04	0,40	
раз сагг (о), мм	1	11	2,19	0,30	*0,05
	2	14	3,14	0,37	
раз сагг (з), мм	1	11	4,54	0,60	0,74
	2	14	4,78	0,43	
длина (о), мм	1	11	112,10	4,81	*0,00
	2	14	154,27	10,90	
длина (з), мм	1	11	289,88	23,33	*0,03
	2	14	367,64	23,66	
площ (о), кв.мм	1	11	105,95	12,49	*0,04
	2	14	177,94	27,91	
площ (з), кв.мм	1	11	530,57	108,83	0,12
	2	14	774,81	105,37	

Обозначение: раз фронт (о) – разброс фронтальный при открытых глазах; раз фронт (з) – разброс фронтальный при закрытых глазах; раз сагг (о) – разброс саггитальный при открытых глазах; раз сагг (з) – разброс саггитальный при закрытых глазах; длина (о) и длина

(з) – длина траектории разброса при открытых и закрытых глазах; площ (о) площадь проекции при открытых глазах; 1 – группа среднетревожных испытуемых, 2 – группа высокотревожных испытуемых; \*  $p \leq 0,05$

Зависимость стабиллографических показателей от уровня тревожности подтверждают результаты корреляционного анализа: обнаружены достоверные положительные связи ЛТ с показателями длины стабиллограммы при открытых ( $r = 0,34$ , при  $p=0,05$ ) и закрытых ( $r = 0,25$ , при  $p=0,05$ ) глазах в исходном состоянии.

В тесте Спилберга в модификации Ю. Л. Ханина (1976), тревожность рассматривается как черта личности, которая обязывает индивидуума к восприятию объективно безопасных обстоятельств, как содержащих угрозу, побуждая реагировать на них состоянием тревоги, уровень которой не соответствует величине реальной опасности. Это наиболее распространенное понимание тревожности [20, 21].

Личностная тревожность является устойчивой категорией и определяется темпераментом, характером, воспитанием и приобретенными стратегиями реагирования на внешние факторы [22].

Анализ результатов оценки особенностей саморегуляции показал, что 66,7 % респондентов имели низкий уровень общей саморегуляции, а 33,3 % – средний. С высоким уровнем саморегуляции не было обнаружено ни одного студента.

Значимых связей уровня саморегуляции с характеристиками стабиллографии по результатам первого теста Ромберга обнаружено не было.

Общий уровень саморегуляции характеризует общий уровень развития индивидуальной системы осознанной (произвольной) регуляции активности человека [23].

Полученные результаты корреляционного анализа можно объяснить тем, что при автоматизации движений (к которым можно отнести и поддержание вертикальной позы в юношеском возрасте у человека) роль произвольной регуляции снижается. Кроме того, использование в тесте Ромберга отвлекающих зрительных и слуховых раздражителей ещё в большей степени снижает значимость саморегуляции произвольной активности человека.

Саморегуляция произвольной активности человека – психический процесс по инициации, построению, поддержанию и управлению всеми видами внешней и внутренней активности, направленный на достижение поставленных субъектом целей [19, 23, 24].

Координация движений - это превращение движущегося органа в управляемую систему путём преодоления избыточных степеней свободы [25].

Е. П. Ильин выделяет четыре направления совершенствования способностей координации движений: овладение новыми упражнениями; увеличение координационной трудности задания; коррекция нерациональной мышечной напряженности; развитие способности поддерживать равновесие тела [26].

К последнему направлению, на наш взгляд, относится коррекция координации движений и механизмов поддержания вертикальной позы с использованием обучающих стабиллографических упражнений на основе БОС.

Студентам, участвующим в исследовании было предложено пройти стабиллографическую игру «Мячики», в процессе которой испытуемый должен курсором, отображающим положение центра тяжести на плоскости стабиллограммы, «захватывать» мяч путем отклонения тела и укладывать его в одну из трех корзин. В период выполнения этого упражнения осуществляется визуальный контроль на основе биологической обратной связи.

После прохождения игры был проведен повторно тест Ромберга. Полученные результаты представлены в таблице 2. Как можно видеть после включения механизмов произвольной регуляции в поддержание вертикальной позы через использование БОС наблюдалась тенденция к уменьшению таких стабиллографических показателей, как разброс по саггитали при открытых и закрытых глазах, что свидетельствует об увеличении устойчивости испытуемых в одной плоскости, т.е. о повышении эффективности удержания позы и координации движений.

**Таблица 2**

**Значимые изменения показателей стабиллографии в выделенных группах после прохождения стабиллографической игры, ( $p \leq 0,05$ )**

	Замер	Кол-во испытуемых	Среднее	Ошибка среднего
Раз сагг(о), мм	до игры	25	3,22	0,27
	после игры	25	2,75	0,33
Раз сагг (з), мм	до игры	25	4,33	0,30
	после игры	25	3,9	0,32

Корреляционный анализ показал, что влияние ЛТ на поддержание позы уменьшилось и изменилось, что проявилось в обнаружении лишь одной отрицательной значимой на уровне тенденции связи между ЛТ и разбросом по саггитали при закрытых глазах, т.е. чем выше уровень личностной тревожности, тем меньше этот разброс ( $r = -0,33$ , при  $p = 0,07$ ). Появилась также достоверно значимая отрицательная связь, между общим уровнем саморегуляции и длиной при открытых глазах разброс ( $r = -0,35$ , при  $p = 0,05$ ), т.е. чем выше уровень саморегуляции тем меньше величина колебаний тела.

Из литературы известно, что собственная активность субъекта, механизмом которой является осознанная саморегуляция, влияет на проявления темперамента и характера, что позволяет существенно изменять продуктивность активности человека [23]. По-видимому, это относится и к уровню личностной тревожности, высокий уровень которой отрицательно отражается на устойчивости человека.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют, что активация механизмов произвольной регуляции путем тренировки с использованием стабиллографических игр снижает

влияние личностной тревожности на устойчивость поддержания позы тела человека.

В литературе имеются данные, свидетельствующие о том, что уровень тревожности определяет функциональную стоимость деятельности [22]. Таким образом, снижая значимость личностной тревожности в поддержании позы, можно предполагать, что следствием этого является и снижение энергозатратности данной функции. Безусловно это требует экспериментальной проверки.

Полученные данные могут быть использованы для повышения эффективности координации движений в разных видах деятельности, в том числе и спортивной.

### Список литературы

1. Гурфинкель В. С. Механизмы поддержания вертикальной позы // Сборник статей по стабильности / состав. Слива С. С., Девликанов Э. О., Болонев А. Г. / В. С. Гурфинкель, Ю. С. Левик. – Таганрог : ЗАО ОКБ «РИТМ», 2005. – С. 5–11.
2. Иссурин В. Б. Подготовка спортсменов XXI века : научные основы и построение тренировки / В. Б. Иссурин. – М. : Спорт, 2016. – 464 с.
3. Гурфинкель В. С. Регуляция позы человека / В. С. Гурфинкель, Я. Я. Коц, М. Л. Шик – М., Наука, 1965. – 256 с.
4. Райх В. Анализ характера / пер. с англ. Е. Поле / В. Райх – М. : Апрель Пресс : ЭКСМО-Пресс, 2000. – 528 с.
5. Стадников Е. Н. Поза человека и его психоэмоциональная сфера / Е. Н. Стадников, Н. Е. Стадникова // Сборник статей по стабильности / состав. Слива С. С., Девликанов Э. О., Болонев А. Г. – Таганрог: ЗАО ОКБ «РИТМ», 2005. – С. 104–107.
6. Звоников В. М. Взаимосвязь показателей «нейротизма» и «экстраверсии» с познотоническими реакциями человека в процессе стабильности / В. М. Звоников, А. А. Биркин // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2004. – № 6(41). – С. 42–43.
7. Скворцов Д. В. Стабилометрическое исследование : краткое руководство / Д. В. Скворцов. – М. : Миска, 2010. – 172 с.
8. Кайгородова Н. З. ЭЭГ-корреляты умственной работоспособности в контексте индивидуально-типологических особенностей студентов / Н. З. Кайгородова, М. В. Яценко // Психология обучения. – 2012. – № 7. – С. 15–22.
9. Финогенко Е. И. Индивидуально-типологические и психолого- физиологические аспекты исследования дизадаптивных состояний студентов : монография / Е. И. Финогенко – Иркутск, 2010. – 127 с.
10. Чораян О. Г. Индивидуально-типологические особенности регуляции и взаимодействия функциональных систем в разных режимах деятельности (обзор) / О. Г. Чораян, Е. К. Айдаркин, И. О. Чораян // Валеология. – 2001. – № 2. – С. 4–16.
11. Яценко М. В. ЭЭГ-корреляты влияния эндогенных и экзогенных факторов на умственную работоспособность студентов / М. В. Яценко, Н. З. Кайгородова, Э. М. Казин, А. И. Федоров // Физиология человека. – 2018. – Т. 44, № 6. – С. 1–13.
12. Мельникова Е. А. Прогностические факторы эффективности стабилотренинга у пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата / Е. А. Мельникова, И. М. Рудь, А. Н. Разумов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2018. – № 4. – С. 10–16.
13. Мистулова Т. Использование методики стабильности в спортивной тренировке и реабилитации / Т. Мистулова, С. Слива, С. Миленская // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту: Зб. нау к. пр. під ред. Ермакова С. С. – Харків : ХДАДМ (ХХІІІ), 2004. – №24. – С. 74–82.
14. Maman P. Role of Biofeedback in Optimizing Psychomotor Performance in Sports / P. Maman, G. Kanupriya, S. S. Jaspal // Asian J Sports Med. – 2012. – Vol. 3 (1). – P. 29–40.

15. Dupee M. A Preliminary Study on the Relationship Between Athletes' Ability to Self-Regulate and World Ranking / Dupee Margaret, Penny Werthner, and Tanya Forneris // *Biofeedback*. – 2015. – Vol. 43, No. 2. – P. 57–63.
16. Конарева И. Н. Корреляции между психологическими особенностями личности и эффективностью одного сеанса нейробиоуправления (по характеристикам ЭЭГ) / И. Н. Конарева // *Нейрофизиология*. – 2006. – Т. 38, № 3. – С. 201–208.
17. Столетний А. С. Влияние индивидуальных свойств личности на эффективность произвольной БОС-регуляции бета-2 ритма ЭЭГ / А. С. Столетний // *Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал)* – 2016. – № 7(63). – С. 3–17.
18. Батаршев А. В. Базовые психологические свойства и самоопределение личности: Практическое руководство по психологической диагностике / А. В. Бартышев. – СПб.: Речь, 2005. – 208 с.
19. Моросанова В. И. Стилевая саморегуляция поведения человека / В. И. Моросанова, Е. М. Коноз // *Вопросы психологии*. – 2000. – № 2. – С. 118–127.
20. Астапов В. М. Тревожность у детей / В. М. Астапов. – М. : ПЕР СЭ, 2008. – 160 с.
21. Прихожан А. М. Тревожность у детей и подростков: психологическая природа и возрастная динамика / А. М. Прихожан – Воронеж : НПО «МОДЭК», 2007. – 304 с.
22. Нехорошкова А. Н. Проблема тревожности как сложного психофизиологического явления / А. Н. Нехорошкова, А. В. Грибанов, Ю. С. Джос // *Экология человека*. – 2014. – № 6. – С. 47–54.
23. Моросанова В. И. Индивидуальные особенности осознанной саморегуляции произвольной активности человека / В. И. Моросанова // *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология*. – 2010. – № 1. – С. 36–45.
24. Конопкин О. А. Психологические механизмы регуляции деятельности / О. А. Конопкин. – М. : Наука, 1980. – 255 с.
25. Бернштейн Н. А. Биомеханика и физиология движений: избранные психологические труды/ под ред. В. П. Зинченко – 2-е изд. / Н. А. Бернштейн. – М. : Изд-во МПСИ; Воронеж : НПО «МОДЭК», 2004. – 688 с.
26. Ильин Е. П. Двигательные умения и навыки / Е. П. Ильин // *Теория и практика физической культуры*. – 2001. – № 5. – С. 45–49.

## **THE RELATIONSHIP OF THE STABILOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE POSTURE OF THE HUMAN BODY WITH THE LEVEL OF ANXIETY AND SELF-REGULATION**

*Kaygorodova N. Z., Kuzmina A. S., Yatsenko M. V.*

*Altay State University, Barnaul, Russia  
E-mail: e.yatsenko@mail.ru*

The article presents the results of a study of the relationship between the level of anxiety and general self-regulation with the stabilographic characteristics of the human body posture before and after using the stabilographic balance training with visual biological feedback aimed at the development of voluntary regulation of movements. It is shown that after the exercise, a decrease in all stabilographic characteristics was observed; this indicates an increase in posture stability, and activation of voluntary regulation mechanisms reduces the influence of personal anxiety on the sustainability of maintaining the body posture. The interrelation of stabilographic characteristics of oscillations of the projection of the center of gravity of the human body onto the platform with the level of anxiety and self-regulation in conditions of involuntary and voluntary regulation of the body posture is shown theoretically and experimentally. The study involved 25 female

students of the 2nd year. The effectiveness of posture maintenance was assessed using the automated complex "Stabilan-01". The stabilographic method is based on recording the indicators of fluctuations in the projection of the center of gravity of the subject on the plane of the platform, in the center of which he stands. The study of the characteristics of the projection onto the platform of the center of gravity was carried out using the Romberg test, which consisted of two tests – with open and closed eyes. Romberg's test was performed twice: before and after using the training stabilographic technique. As a means of teaching posture control, a computer stabilographic game "Balls" was used, during which motor actions are performed that provide an arbitrary movement of the center of gravity of the subject's body, thereby training the function of balance. Personal anxiety (PA) was assessed using the Spielberger-Khanin method. The level of general self-regulation was determined using the V. I. Morosanova. In the initial state, significant differences were found between groups of students differing in the level of radiation therapy in terms of such indicators as frontal spread with closed eyes, sagittal spread with open eyes, length of the trajectory of spread with open and closed eyes, and projection area with open eyes, which were significantly higher in a group of highly anxious subjects. The dependence of stabilographic indicators on the level of anxiety was also confirmed by the results of correlation analysis. After passing the training game, there was a tendency to decrease in stabilographic indicators. This indicates an increase in posture stability. Correlation analysis showed that the effect of PA on posture maintenance decreased, while the role of self-regulation increased. It was found that the higher the level of self-regulation, the lower the amount of body oscillations. Thus, the activation of voluntary regulation mechanisms reduced the influence of personal anxiety on the stability of maintaining the posture of the human body.

**Keywords:** regulation of the human body posture, stabilographic method, stabilographic characteristics of body stability, personal anxiety, self-regulation.

#### References

1. Gurfinkel V. S., Levik Yu. S. Mechanisms of maintaining a vertical posture, *Collection of articles on stabilography* (ZAO OKB "RITM", Taganrog, 2005), p. 5.
2. Issurin V. B. *Preparation of athletes of the XXI century: scientific bases and construction of training* (Sport, 2016).
3. Gurfinkel V. S., Kots Y. Y., Shik M. L. *Regulation of human posture* (Nauka, 1965).
4. Reich V. *Analysis of character*. (April Press: EKSMO-Press, 2000).
5. Stadnikov E. N., Stadnikova N. E. Human Posture and its psychoemotional sphere. *Collection of articles on stabilography* (ZAO OKB "RITM", Taganrog, 2005), p. 104.
6. Zvonikov V. M., Birkin A. A. Interrelation of indicators of "neuroticism" and "extraversion" with posnotonic reactions of a person in the process of stabilography, *Izvestiya SFU. Technical science*, **41**, 42 (2004).
7. Skvortsov D. V. *Stabilometric research: a brief guide*. (Moscow: Maska, 2010).
8. Kaigorodova N. Z., Yatsenko M. V. EEG-correlates of mental performance in the context of individual typological features of students, *Psychology of learning*, **7**, 15 (2012).
9. Finogenko E. I. *Individual typological and psychological - physiological aspects of research of students disadaptive states: monograph* (Irkutsk, 2010).
10. Chorayan O. G., Aidarkin E. K., Chorayan I. O. Individual typological features of regulation and interaction of functional systems in different modes of activity (review), *Valeology*, **2**, 4 (2001).

11. Yatsenko M. V., Kaigorodova N. Z., Kazin E. M., Fedorov A. I. EEG-correlates of the influence of endogenous and exogenous factors on the mental performance of students, *Human Physiology*, **44**, 36 (2018).
12. Melnikova E. A., Rud I. M., Razumov A. N. Prognostic factors of stability training effectiveness in patients with diseases of the musculoskeletal system, *Questions of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*, **4**, 10 (2018).
13. Mistulova T., Sliva S., Milenkaya S. Use of stabilography techniques in sports training and rehabilitation, *Pedagogika, Psihologiya TA medico-biologichni problemi fizichnogo viovannya I sport*. ed. Ermakov S. S., **24**, 74 (Kharkiv : Khdam (XXIII), 2004).
14. Maman P., Kanupriya G., Jaspal S. S. Role of Biofeedback in Optimizing Psychomotor Performance in Sports, *Asian J Sports Med.*, **3**, 29 (2012).
15. Dupee M., Werthner P., Forneris T. A Preliminary Study on the Relationship Between Athletes' Ability to Self-Regulate and World Ranking, *Biofeedback*, **43**, 57 (2015).
16. Konareva I. N. Correlations between psychological characteristics of the individual and the effectiveness of one session of neurobioadjustment (according to EEG characteristics), *Neurophysiology*, **38**, 201 (2006).
17. Stoletniy A. S. Influence of individual personality properties on the effectiveness of arbitrary BOS-regulation of beta-2 EEG rhythm, *Modern research of social problems (electronic scientific journal)*, **63**, 3 (2016).
18. Batarshv A. V. *Basic psychological properties and self-determination of the individual: a Practical guide to psychological diagnostics* (Saint Petersburg: Rech, 2005).
19. Morosanova V. I., Kono E. M. Stylistic self-regulation of human behavior, *Questions of psychology*, **2**, 118 (2000).
20. Astapov V. M. *Anxiety in children* (Moscow: PER SE, 2008).
21. Prihozhan A. M. *Anxiety in children and adolescents: psychological nature and age dynamics* (Voronezh: NGO "MODEK", 2007).
22. Nekhoroshkova A. N. The problem of anxiety as a complex psychophysiological phenomenon, *Human Ecology*, **6**, 47 (2014).
23. Morosanova V. I. Individual features of conscious self-regulation of arbitrary human activity, *Bulletin of the Moscow University. Series 14. Psychology*, **1**, 36 (2010).
24. Konopkin O. A. *Psychological mechanisms of activity regulation* (Moscow: Nauka, 1980).
25. Bernstein N. A. *Biomechanics and physiology of movements: selected psychological works* (Moscow: Publishing house MPSI; Voronezh : NPO "MODEK", 2004).
26. Il'in E. P. Of Motor skills and abilities, *Theory and practice of physical culture*, **5**, 45 (2001).



УДК 591.524.1:582.272(262.5)

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-97-116

## МАКРОЗООБЕНТОС ЗАРОСЛЕЙ ВОДОРΟΣЛЕЙ *CYSTOSEIRA CRINITA* DUBY, 1830 У БЕРЕГОВ КРЫМА И КАВКАЗА (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Макаров М. В., Копий В. Г., Бондаренко Л. В., Витер Т. В., Подзорова Д. В.

ФГБУН ФИЦ "Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН",  
Севастополь, Россия  
E-mail: mihaliksevast@inbox.ru

В работе приводятся современные (2012–2017 гг.) обобщённые данные по видовому составу, численности, биомассе, встречаемости и трофической структуре макрозообентоса зарослей водоросли *Cystoseira crinita* в прибрежной (1–5 м) акватории Крыма и Кавказа. В районе Утриша на Кавказе такие исследования выполнены впервые. Всего обнаружено 56 видов макрозообентоса, из них 10 – общие для всех районов. Численность и биомасса макроэпифитона у берегов Кавказа составили 1432 экз·кг<sup>-1</sup> и 9,52 г·кг<sup>-1</sup>, у берегов Крыма эти показатели варьировали от 2506 до 6085 экз·кг<sup>-1</sup> и от 23,9 до 43 г·кг<sup>-1</sup> соответственно. Выделены сообщества моллюсков *Rissoa splendida*, *Bittium reticulatum* и *Mytilaster lineatus*. Макроэпифитон представлен 5 трофическими группами.

**Ключевые слова:** эпифитон *Cystoseira crinita*, макрозообентос, сообщества, побережья Крыма и Кавказа, разнообразие, трофическая структура.

### ВВЕДЕНИЕ

Заросли водорослей являются одним из основных прибрежных биоценозов морских и пресноводных водоемов. В Чёрном море массовыми средообразующими видами таких сообществ являются бурые водоросли *Cystoseira crinita* Duby, 1830 и *C. barbata* (Stackhouse) C. Agardh, 1820, занесённые в Красную книгу Чёрного моря [1, 2]. Макрофиты – особенный компонент биоценозов, выполняющий функцию субстрата и биотического компонента одновременно. На их талломах поселяются эпифитные водоросли, сессильные и эррантные животные – панцирные, двустворчатые и брюхоногие моллюски, мшанки, губки, полихеты, ракообразные [3, 4]. Исследования эпифитона цистозеры в Чёрном море начались в начале XX века. С. А. Зернов выделил в самостоятельные биоценозы макрозообентос в зарослях зостеры и филлофоры, а население цистозеры включил в биоценоз скал, поскольку места произрастания этих водорослей ограничиваются твёрдым субстратом [5]. Первый количественный анализ животного населения цистозеры провёл В. А. Водяницкий [6]. В дальнейшем разные исследователи изучали фаунистический состав, биологию и экологию компонентов зарослевых сообществ [7–17]. В последнее время нами накоплен материал по эпифитону цистозеры у берегов Крыма и Кавказа, причём у побережья Утриша исследования проведены впервые.

Цель работы – обобщение и сравнительный анализ данных по видовому составу, численности и биомассе и макрозообентоса, обитающего в зарослях *S. crinita* крымского и кавказского побережий Чёрного моря в настоящее время (по материалам бентосных съёмок 2012–2017 гг.). Полученные данные могут быть использованы в дальнейшем для изучения макрозообентоса зарослей макрофитов донных сообществ мелководья, в функционировании которых немалую роль играет гидродинамическое и антропогенное воздействие.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы собраны в 5 различных районах Крыма и в районе Кавказа (рис. 1).

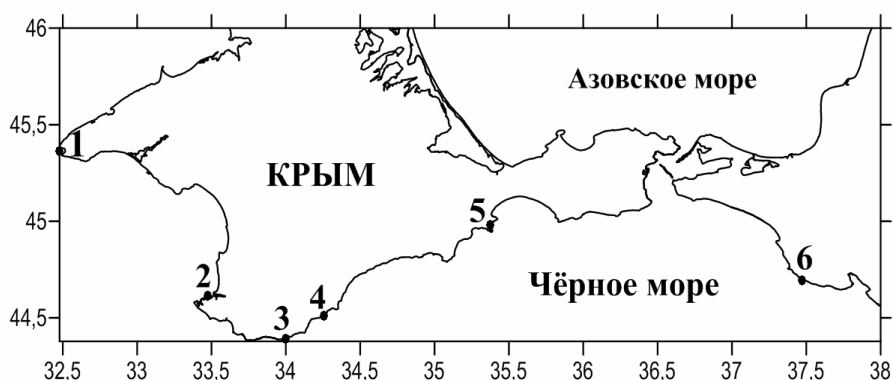


Рис. 1. Схема районов отбора проб (1 – мыс Тарханкут, 2 – бухта Круглая, 3 – побережье Симеиза, 4 – мыс Мартьян, 5 – Двужкорная бухта, 6 – Утриш).

В акватории бухты Двужкорная в сентябре 2012 г. взяты 4 качественные пробы. В августе–сентябре 2013–2017 гг. отобраны 42 количественные пробы на глубинах 1, 3 и 5 м в двух повторностях: у побережья Крыма в каждом районе взято по 6 проб, у берегов Кавказа (Утриш) – 12. Всего 46 проб. Материал собирали с помощью мешка из мельничного газа, которым накрывали таллом цистозир и срезали его ножом у подошвы, затем делали смыв с водорослей через сито диаметром ячеек 0,5 мм и отбирали макрозообентос. Цистозир выкладывали на фильтровальную бумагу, обсушивали и взвешивали на электронных весах типа «Sartorius» с точностью до 0,1 г, животных фиксировали 4% раствором нейтрализованного формалина. Пробы разбирали по таксономическим группам и идентифицировали до вида, подсчитывали количество особей, взвешивали на торсионных весах с точностью до 0,001 г, затем рассчитывали численность (экз.), биомассу (г) каждого вида на единицу веса водорослей (кг) и встречаемость (%). По литературным данным определяли трофическую структуру сообщества [18–21]. Номенклатуру видов приводили в соответствие с мировым реестром World Register

of Marine Species [22]. Сообщества выделяли по индексу функционального обилия [23]:

$$ИФО = N^{0,25} \times B^{0,75}, \quad (1)$$

где  $N$  – численность, экз.·кг<sup>-1</sup>,  $B$  – биомасса макрозообентоса, г·кг<sup>-1</sup>.

Доминирование вида по ИФО свидетельствует об образовании одноимённого сообщества. ИФО – интегрированный показатель, включающий в себя не только биомассу, но и численность.

Для сравнения видового состава эпифитона водорослей *C. crinita* исследуемых районов использовали матрицу сходства видов в сообществах по коэффициенту Чекановского – Сёрнсена:

$$i = 2 \frac{a}{b} + c, \quad (2)$$

где  $a$  – число общих видов,  $b$  и  $c$  – число видов в сравниваемых списках [24].

Также применяли кластерный анализ по наличию/отсутствию видов в программе PRIMER-6. Состояние сообществ оценивали с помощью кривых доминирования-разнообразия, где ось абсцисс – ранжированный ряд видов от наиболее многочисленного к наименее многочисленному, а ось ординат – численность видов [25]. Оценку видового разнообразия проводили с помощью индекса Шеннона [26]. Расчёт выполняли в приложении Diverse пакета PRIMER-5 (использован логарифм по основанию 2).

#### **Характеристика районов исследования.**

Акватория мыса Тарханкут локализуется на северо-западе Крыма и входит в состав природного парка регионального значения «Тарханкутский». Она находится вдали от промышленных районов, поэтому испытывает сравнительно небольшую антропогенную нагрузку и может характеризоваться как относительно чистая [27]. Побережье Тарханкута открытое, в основном обрывистое, сложенное твёрдыми грунтами, благоприятствующими развитию зарослей цистозир.

Бухта Круглая – одна из многочисленных бухт, расположенных в юго-западном Крыму в пределах Севастополя. Она подвержена антропогенной и рекреационной нагрузке. У входных мысов бухты располагаются подводные каменистые гряды, к которым приурочены заросли цистозир.

Акватория, прилегающая к посёлку Симеиз, расположенном на Южном берегу Крыма, характеризуется открытым каменистым побережьем. Дно возле берега крупногалечное с валунами, на которых произрастает цистозира.

Акватория природного заповедника «Мыс Мартыян» также расположена в пределах Южного берега Крыма в 30 км восточнее Симеиза. Характеризуется каменистым (галечно-валунным) открытым побережьем и минимальной антропогенной нагрузкой. Донная растительность представлена густыми зарослями цистозир с большим количеством эпифитов, наиболее обильными на глубине 3–5 м [28].

Бухта Двужорная находится в юго-восточном Крыму, западнее г. Феодосия, между мысом Ильи и полуостровом Киик-Атлама. Её берега преимущественно

возвышенные и обрывистые. Дно бухты сложено глинистыми породами со скалистыми включениями, на которых растут водоросли.

Государственный природный заповедник «Утриш» локализуется в предгорьях Кавказа, у черноморского побережья Краснодарского края на Абраусском полуострове между Анапой и Новороссийском. Береговая зона заповедника представляет собой чередование выпуклых и вогнутых участков – обрывистых клифов с узкими абразионными пляжами шириной 5–10 м и широкими аккумулятивными пляжами шириной до 200 м [29]. Основу донной растительности северокавказского региона составляет формация *Cystoseireta* – группа ассоциаций, эдификаторами которой являются два вида бурой водоросли цистозеры *C. barbata* и *C. crinita* [30]. В диапазоне глубин 2–12 м встреченные сообщества принадлежат к ассоциации с доминированием *C. crinita* и *C. barbata*. Основным доминантом первого яруса почти по всей глубине была *C. crinita*. Этот макрофит имеет наибольшую биомассу в сообществах на глубине до 12 м. Встречается на глубинах от 0.5 до 14 м [31].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследуемых районах обнаружено 43 вида макрозообентоса, из них 9 видов относятся к типу Annelida, представители типа Platyhelminthes фигурируют в подсчётах как один вид, 11 видов Mollusca (2 вида Bivalvia, в том числе представители семейства Cardiidae и 9 видов Gastropoda), 22 вида Arthropoda. С учётом качественных проб вдоль побережья Крыма обнаружено 47 видов, у берегов Кавказа – 28 видов, что, вероятно, связано с разным количеством отобранных проб. Количество видов в исследуемых районах колеблется от 16 до 39. Всего в зарослевых сообществах черноморского побережья Крыма и Кавказа обнаружено 56 видов (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Видовой состав, средняя численность (N, экз. кг<sup>-1</sup>) и средняя биомасса (B, г·кг<sup>-1</sup>) макрозообентоса в эпифитоне водорослей *C. crinita* у берегов Крыма и Кавказа**

Таксоны	Тарханкут	Круглая	Симеиз	Мартьян	Двужор- ная	Утриш
	N B	N B	N B	N B	N B	N B
	1	2	3	4	5	6
<b>ANNELIDA</b>						
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	0 0	0-226 0-0,677	0 0	0 0	0 0	0 0
<i>Hediste diversicolor</i> (O.F. Müller, 1776)	0 0	0-113 0-0,113	0 0	0 0	0 0	0 0
<i>Namanereis pontica</i> (Bobretzky, 1872)	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0-14 0-0,004

МАКРОЗООБЕНТОС ЗАРОСЛЕЙ ВОДРОСЛЕЙ *CYSTOSEIRA CRINITA* ...

Продолжение таблицы 1

	1	2	3	4	5	6
<i>Nereis zonata</i> Malmgren, 1867	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-604}{0-0,162}$
<i>Nereis</i> sp.	$\frac{0-20}{0-0,001}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-28}{0-0,02}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
<i>Perinereis cultrifera</i> (Grube, 1840)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-224}{0-0,062}$
<i>Platynereis dumerilii</i> (Audouin&Milne Edwards, 1833)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-508}{0-0,044}$
<i>Polyophtalmus pictus</i> (Dujardin, 1839)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-24}{0,024}$	$\frac{0-34}{0-0,121}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
PLATYHELMINTHES	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-6}{0-0,001}$
MOLLUSCA						
<i>Mytilaster lineatus</i> Gmelin, 1791	$\frac{21-233}{0,04-3,42}$	$\frac{90-1173}{0,09-1,17}$	$\frac{2058-5202}{2,57-11,72}$	$\frac{248-4672}{0,56-38,33}$	$\frac{0-8000}{0-4,85}$	$\frac{0-800}{0-15,55}$
Cardiidae gen. sp.	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-38}{0-0,04}$	$\frac{0}{0}$
<i>Bittium reticulatum</i> (da Costa, 1778)	$\frac{362-865}{3,46-6,62}$	$\frac{331-2752}{4,56-43,17}$	$\frac{40-2675}{0,28-35,39}$	$\frac{0-640}{0-0,372}$	$\frac{38-2175}{0,28-1,83}$	$\frac{0-71}{0-0,92}$
<i>Hydrobia acuta</i> (Draparnaud, 1805)	$\frac{0-5}{0-0,03}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
<i>Rissoa membranacea</i> (J. Adams, 1800)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>R. parva</i> (da Costa, 1778)	$\frac{0-20}{0-0,02}$	$\frac{0-24}{0-0,02}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-67}{0-0,01}$	$\frac{0-8}{0-0,01}$
<i>R. splendida</i> Eichwald, 1830	$\frac{723-3333}{11,29-25,99}$	$\frac{83-826}{3,66-9,86}$	$\frac{161-1878}{3,04-44,59}$	$\frac{0-971}{0-26,63}$	$\frac{0-767}{0-28,67}$	$\frac{0-1635}{0-69,51}$
<i>R. venusta</i> Philippi, 1844	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-29}{0-0,03}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
<i>Rissoa</i> sp.	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-38}{0-0,04}$	$\frac{0}{0}$

Продолжение таблицы 1

	1	2	3	4	5	6
<i>Stremophala adriatica</i> Philippi, 1844	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-23}{0-1,74}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-37}{0-0,04}$	+	$\frac{0-23}{0-0,92}$
<i>S. divaricata</i> Linnaeus, 1758	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>Tricolia pullus</i> Linnaeus, 1758	$\frac{0-178}{0-3,66}$	$\frac{41-275}{0,04-7,61}$	$\frac{145-517}{2,76-22,38}$	$\frac{0-147}{0-6,17}$	$\frac{75-400}{0,08-4,53}$	$\frac{0-59}{0-0,03}$
<i>Tritia neritea</i> Linnaeus, 1758	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>T. pellucida</i> (Risso, 1826)	$\frac{0-21}{0-1,22}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
ARTHROPODA						
<i>Apherusa bispinosa</i> (Bate, 1857)	$\frac{0-5}{0-0,001}$	$\frac{0-92}{0-0,015}$	$\frac{0-276}{0-0,041}$	$\frac{0-110}{0-0,008}$	$\frac{0-133}{0-0,125}$	$\frac{0-36}{0-0,007}$
<i>Amphibalanus improvisus</i> Darwin, 1854	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-13}{0-0,118}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
<i>Amphitholina cuniculus</i> (Stebbing, 1874)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-8}{0-0,001}$
<i>Ampithoe gammaroides</i> (Spence Bate, 1856)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>A. ramondi</i> Audouin, 1826	$\frac{0-35}{0-0,083}$	$\frac{47-780}{0,07-0,193}$	$\frac{0-339}{0-0,064}$	$\frac{0-735}{0-0,133}$	$\frac{0-231}{0-0,038}$	$\frac{0-1017}{0-0,172}$
<i>Apohyale perieri</i> (Lucas, 1849)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0-191}{0-0,051}$
<i>Biancolina algicola</i> Della Valle, 1893	$\frac{0-5}{0-0,25}$	$\frac{0-138}{0-0,004}$	$\frac{0-138}{0-0,018}$	$\frac{0-20}{0-0,002}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
<i>Caprella acantifera</i> (Czernjavski, 1868)	$\frac{0-40}{0-0,06}$	$\frac{50-534}{0,07-0,072}$	$\frac{0-554}{0-0,75}$	$\frac{0-42}{0-0,06}$	$\frac{0-67}{0-0,033}$	$\frac{0-540}{0-0,057}$
<i>C. danilevskyi</i> Czernjavski, 1868	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-35}{0-0,018}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-69}{0-0,016}$
<i>Clibanarius erythropus</i> Latreille, 1818	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-14}{0-0,168}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$

МАКРОЗООБЕНТОС ЗАРОСЛЕЙ ВОДРОСЛЕЙ *CYSTOSEIRA CRINITA* ...

Продолжение таблицы 1

	1	2	3	4	5	6
<i>Chondrochelia savignyi</i> (Kroyer, 1842)	$\frac{65-160}{0-0,083}$	$\frac{15-47}{0,001-0,012}$	$\frac{0-21}{0-0,002}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-192}{0-0,093}$	$\frac{0-8}{0-0,001}$
<i>Cymadusa crassicornis</i> (Costa, 1853)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-34}{0-0,028}$
Decapoda gen. sp.	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-20}{0-0,012}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
<i>Dexamine spinosa</i> (Montagu, 1813)	$\frac{0-17}{0-0,001}$	$\frac{0-45}{0-0,007}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-1337}{0-0,033}$	$\frac{0}{0}$
<i>D. thea</i> Boeck, 1861	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>Dynamene bidentata</i> (Adams, 1800)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-47}{0-0,045}$	$\frac{0-54}{0-0,032}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-31}{0-0,06}$
<i>Erichthonius difformis</i> M.-Edwards, 1830	$\frac{0-65}{0-0,032}$	$\frac{0-105}{0-0,02}$	$\frac{0-357}{0-0,034}$	$\frac{45-3993}{0,005-0,331}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{24-1843}{0,001-0,086}$
<i>Hippolyte leptocerus</i> (Heller, 1863)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-13}{0-1,54}$	$\frac{0}{0}$
<i>Hyale</i> sp.	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-29}{0-0,017}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
<i>Idotea ostroumovi</i> Sowinsky, 1895	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>Liocarcinus holsatus</i> (Fabricius, 1798)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>Macropodia longirostris</i> (Fabricius, 1775)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>Melita palmata</i> (Montagu, 1804)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>Mesopodopsis slabberi</i> (Van Beneden, 1861)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-23}{0-0,054}$
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> A. Costa, 1953	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-156}{0-0,018}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-477}{0-0,048}$
<i>Nototropis guttatus</i> Costa, 1853	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-6}{0-0,001}$
<i>Orchestia mediterranea</i> Costa, 1853	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$

Продолжение таблицы 1

	1	2	3	4	5	6
<i>Pleonexes helleri</i> (Karaman, 1975)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-200}{0-0,02}$	$\frac{0-309}{0-0,056}$
<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
<i>Jassa ocia</i> (Bate, 1862)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-111}{0-0,006}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-56}{0-0,004}$
<i>Stenothoe monoculoides</i> (Montagu, 1815)	$\frac{0-40}{0-0,012}$	$\frac{0-120}{0-0,02}$	$\frac{0-138}{0-0,007}$	$\frac{0-40}{0-0,004}$	$\frac{0-100}{0-0,005}$	$\frac{0-32}{0-0,003}$
<i>Stenosoma capito</i> (Rathke, 1837)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-34}{0-1,1}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0-38}{0-0,011}$	$\frac{0}{0}$
<i>Tritaeta gibbosa</i> (Spence Bate, 1862)	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$	+	$\frac{0}{0}$
Всего	$\frac{2504}{28,7}$	$\frac{2869}{27,3}$	$\frac{6110}{43}$	$\frac{4196}{23,9}$	$\frac{4855}{34,7}$	$\frac{1431}{9,5}$

Выделено 10 общих, типичных для зарослевых сообществ, видов. Коэффициент общности видов Чекановского – Сёренсена для районов исследования варьирует от 0,4 до 0,76 (табл. 2).

Таблица 2  
Коэффициент общности видов макрозообентоса в эпифитоне *S. crinita* у побережий Крыма и Кавказа

	Бухта Круглая	Симеиз	Мыс Мартьян	Бухта Двужкорная	Мыс Тарханкут	Утриш
Бухта Круглая	-	0,74	0,59	0,49	0,76	0,61
Симеиз	0,74	-	0,63	0,53	0,67	0,53
Мыс Мартьян	0,59	0,63	-	0,4	0,63	0,5
Бухта Двужкорная	0,49	0,53	0,4	-	0,51	0,57
Мыс Тарханкут	0,76	0,67	0,63	0,51	-	0,55
Утриш	0,61	0,53	0,5	0,57	0,55	-

Сходство фаун большинства районов относительно высокое (более 0,5). Наиболее сходны между собой по составу фауны акватории бухты Круглой и мыса Тарханкут. Эти районы, согласно естественноисторическому районированию



Чёрного моря, относятся к одному Евпаторийско-Севастопольскому району [32]. Наименее сходны между собой районы бухты Двужкорная и мыса Мартьян.

Результаты кластерного анализа подтверждают, что наиболее сходными районами по наличию/отсутствию видов являются бухта Круглая и мыс Тарханкут, а также бухта Двужкорная и район Утриша (рис. 2).

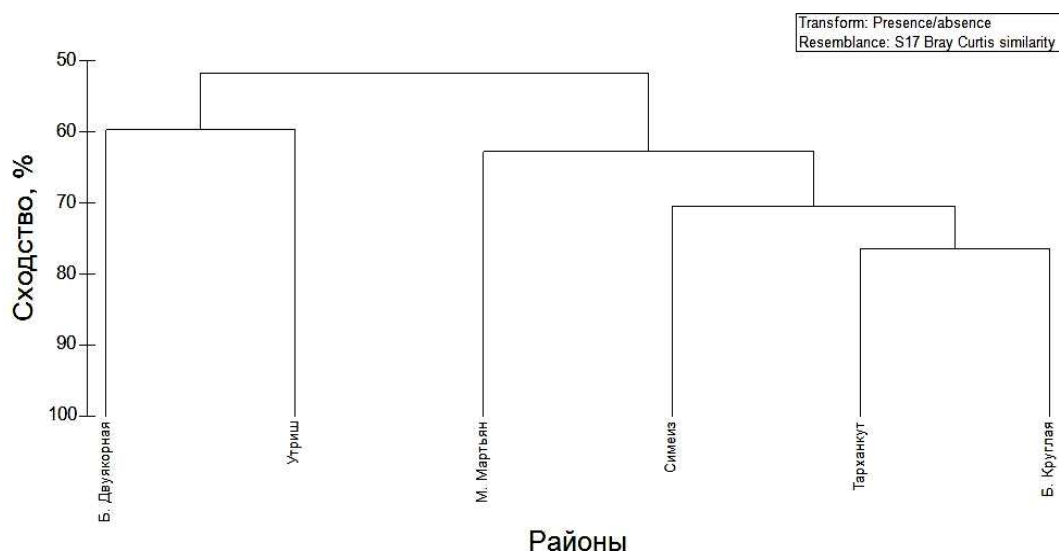


Рис. 2. Дендрограмма видового сходства исследованных районов.

Показатель численности эпифитона цистозеры по полигонам варьирует от 1432 (Утриш) до 6085 экз. $\cdot$ кг<sup>-1</sup> (акватория Симеиза). Существенный вклад в формирование данного показателя в районе Симеиза вносят моллюски, в частности, *M. lineatus* (3580 экз. $\cdot$ кг<sup>-1</sup>), в то время как в акватории Утриша пики численности выявлены за счет бокоплавов *E. difformis* (309 экз. кг<sup>-1</sup>) и *A. ramondi* (270 экз. $\cdot$ кг<sup>-1</sup>). Следует отметить, что по плотности поселения эриктониус занимает одно из первых мест среди бокоплавов в эпифитоне цистозеры. В некоторые сезоны количество рачков достигало более 13 тыс. экз. $\cdot$ кг<sup>-1</sup> массы водорослей [33]. *A. bispinosa*, *A. ramondi*, *C. acantifera* и *Ch. savignyi* обнаружены во всех исследуемых районах, *B. algalicola* встречена более чем на 60 % станций. Высокая плотность поселения этих бокоплавов на цистозере связана с тем, что по характеру питания они относятся к растительно-детритоидным формам, в составе пищи – макро- и микрофиты, детрит. Кроме того, они используют ткани цистозеры для построения трубок.

Моллюски *M. lineatus*, *B. reticulatum*, *R. splendida* и *T. pullus* обнаружены нами во всех акваториях. Высокая плотность митилистера отмечена в районе Симеиза и в б. Двужкорная. Как было показано ранее, этот вид доминирует по численности в зарослях цистозеры в юго-восточном Крыму: акваториях Карадага и мыса Киик-

Атлама [6, 7]. Двустворчатый моллюск *M. lineatus* преобладает и на твёрдых субстратах [34].

В районах Тарханкута и б. Круглой доминируют брюхоногие моллюски *R. splendida* и *B. reticulatum* соответственно. Это эврибионтные и массовые виды в Чёрном море [21]. У берегов Крыма *R. splendida* была многочисленной в 1950–1970-х годах, однако затем её обилие резко сократилось и лишь в последние годы снова стало восстанавливаться [10, 14].

Полихеты в зарослях водорослей встречаются эпизодично и не достигали высоких значений численности. Большинство отмеченных видов принадлежит семейству Nereididae Blainville, 1818. Наибольшее количество видов и численность зарегистрированы в акватории Утриша: 4 вида при средней численности 174 экз.·кг<sup>-1</sup>. Наибольшая численность отмечена у *P. dumerilii* и *N. zonata* (67 и 80 экз.·кг<sup>-1</sup> соответственно). Эти виды характерны для зарослевых сообществ Средиземноморского бассейна [35]. Как показано ранее, низкие показатели видового богатства и численности полихет типичны для зарослевых сообществ [35, 36]. Кроме того, невысокие показатели видового состава и численности полихет в исследуемых акваториях, могут быть связаны с тем, что сбор материала осуществляли в первой половине дня, тогда как численность полихет в биотопе водорослей возрастает в вечернее время суток [35, 37].

Минимальный показатель биомассы в исследуемых районах зафиксирован также в районе Утриша (9,52 г·кг<sup>-1</sup>), а максимальный – у побережья Симеиза (43 г·кг<sup>-1</sup>). Наибольший вклад в биомассу макрозообентоса в акватории Утриша вносит брюхоногий моллюск *R. splendida* (7,37 г·кг<sup>-1</sup>, что составляет более 75 % общей биомассы), в районе Симеиза – моллюски *R. splendida* (15,9 г·кг<sup>-1</sup>), *B. reticulatum* (9,9 г·кг<sup>-1</sup>) и *T. pullus* (9,7 г·кг<sup>-1</sup>). Высокие показатели численности и биомассы этих моллюсков позволяют им формировать ядро макрозообентоса. Эти виды-доминанты заметно преобладают по численности и биомассе во всех районах, кроме побережья Утриша, где они немного уступают по численности ракообразным *E. difformis* и *A. ramondi*, однако значительно опережают их по биомассе.

Использование индекса функционального обилия позволило выделить три сообщества в зарослях цистозирры: *R. splendida* (в районах Тарханкута, Симеиза и Утриша), *M. lineatus* (в акваториях м. Мартьян и бухты Двужкорной), в бухте Круглой отмечено сообщество *B. reticulatum*. По частоте встречаемости выделяется 3 группы: руководящие – виды, встречающиеся более, чем на 50 % станций данного сообщества; характерные – на 25–50 % станций и редкие – менее, чем на 25 % станций [38] (рис. 3).

В большинстве сообществ преобладают руководящие виды. Их доля составила от 32 до 56 % от всего количества видов. Только в сообществе *R. splendida* на Утрише доминируют характерные виды, их доля составила 36 %. Количество редких видов в сообществах варьирует от 3 до 9.

В сообществах *R. splendida* разных районов зарегистрировано от 16 до 25 видов, среди которых преобладают ракообразные (более 50 %). Видовой состав районов достаточно сходен, индекс Чекановского – Сёренсена варьировал от 0,53 до 0,67, отмечено 10 общих видов. К руководящим отнесены от 7 до 9 видов, к характерным

– от 2 до 10, к редким – от 5 до 9. Численность макрозообентоса в данных сообществах составила от 1432 до 6085 экз·кг<sup>-1</sup>, биомасса – от 9,5 до 43 г·кг<sup>-1</sup>. Наибольшие показатели численности и биомассы отмечены в акватории Симеиза. Основной вклад в формирование этих показателей вносят моллюски (более 90 % общей численности и биомассы). Сообщества *R. splendida* в эпифитоне цистозирь больше тяготеют к открытым побережьям.

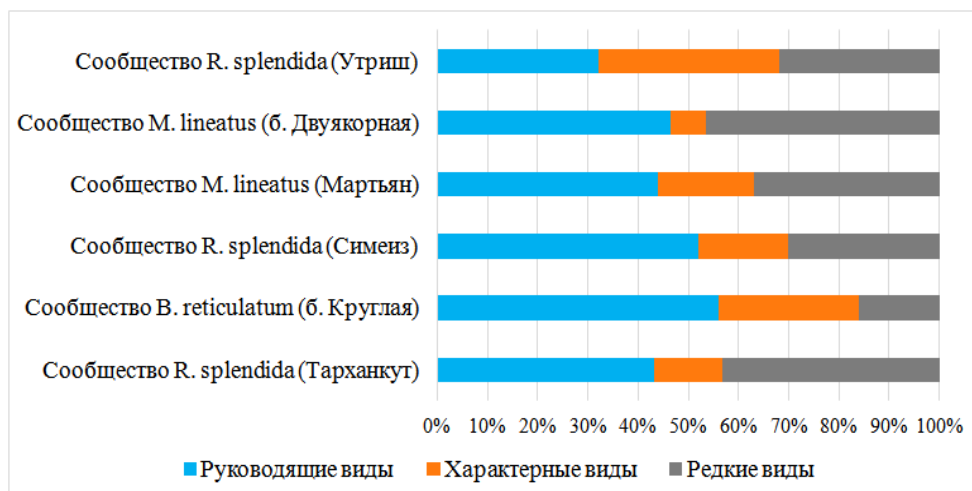


Рис. 3. Структура сравнительной встречаемости видов макрозообентоса в сообществах эпифитона цистозирь.

Для сообществ *M. lineatus* в акваториях м. Мартьян и б. Двужорной (учитывались только количественные пробы) отмечены 16 и 17 видов, среди которых также преобладают ракообразные (более 56 %). Отмечено низкое сходство видового состава районов. Коэффициент общности Чекановского-Сёренсена составил 0,4. Выявлено по 7 руководящих видов, 1 и 3 характерных, 6 и 7 редких. Отмечены относительно близкие показатели численности и биомассы – 4196 и 4854 экз·кг<sup>-1</sup>; 23,85 и 34,75 г·кг<sup>-1</sup> соответственно.

В сообществе *V. reticulatum* обнаружено 18 видов макрозообентоса. На долю ракообразных приходится 50 %, моллюсков – 33 %, полихет – 17 %. Следует отметить, что полихеты *A. succinea* и *H. diversicolor* обнаружены нами только в данном сообществе. Отмечены 10 руководящих видов, 5 характерных, 3 редких. Средняя численность макрозообентоса составила 2869 экз·кг<sup>-1</sup>, биомасса – 27,3 г·кг<sup>-1</sup>. Основной вклад в формирование этих показателей внесли моллюски (более 75 % общей численности и более 98 % общей биомассы макрозообентоса сообщества).

Поскольку индекс сходства видов для большинства районов составил более 0,5, можно предположить, что это связано с одинаковым биотопом.

Видовое разнообразие сообществ оценивали по индексу Шеннона, рассчитанному по численности и биомассе. Максимальный показатель индекса Шеннона по численности (2,66) отмечен у сообщества *V. reticulatum* в бухте

Круглая, по биомассе (2,34) у сообщества *R. splendida* в районе Симеиза. В остальных районах данный показатель близок к 2. Чем больше видовое разнообразие сообщества, тем в более благоприятных условиях оно находится. В ненарушенных экосистемах биоразнообразие обычно находится в пределах 2–5 бит/особь.

Кривую доминирования-разнообразия применяли для оценки состояния сообществ: чем круче падает кривая, тем меньше общее разнообразие и сильнее доминирование одного или нескольких видов в сообществе (рис. 4).

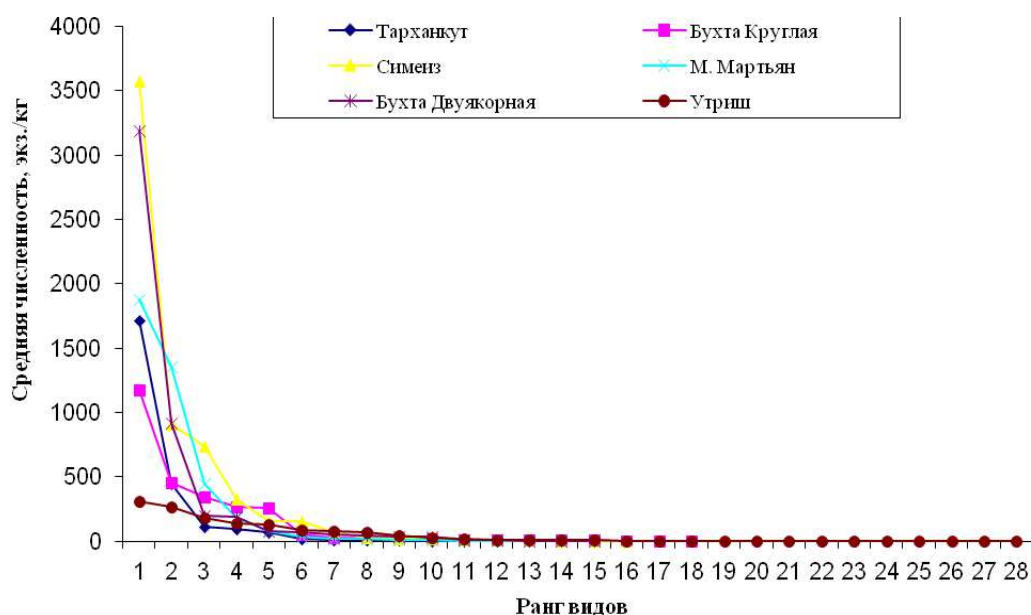


Рис. 4. Доминирование-разнообразие макробоентоса в зарослях цистозеры у берегов Крыма и Кавказа на глубинах 1–5 м.

Полученные кривые позволяют сделать вывод о благоприятных условиях существования эпифитонного сообщества в акватории, прилегающей к заповеднику «Утриш». У берегов Крыма таким районом можно назвать акваторию бухты Круглая.

В трофической структуре сообществ выделено 5 групп. По количеству видов преобладают фитофаги – 14 видов и полифаги – 13 видов (рис. 5).

К полифагам в эпифитоне цистозеры относятся преимущественно ракообразные и полихеты, а к фитофагам – гастроподы и некоторые ракообразные. Высокий процент фитофагов характерен для биотопа цистозеры, так как во многом пищевые предпочтения определяют характер местообитания вида.

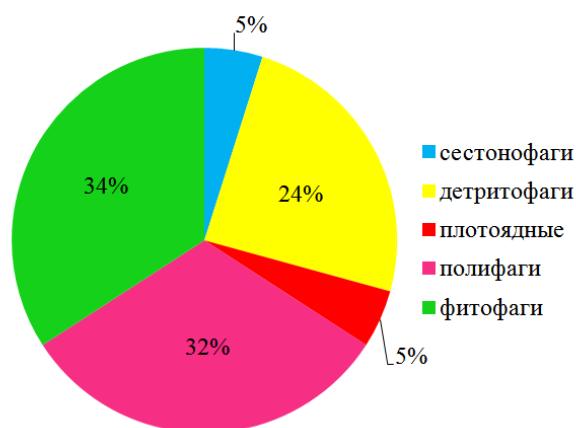


Рис. 5. Трофическая структура макрозообентоса в эпифитоне *C. crinita* по количеству видов.

По численности доминируют сестоно- и фитофаги (рис. 6).

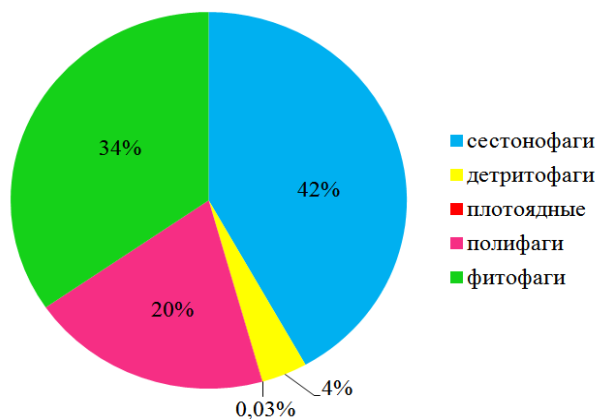


Рис. 6. Трофическая структура макрозообентоса в эпифитоне *C. crinita* по численности.

Большая доля сестонофагов определяется высокой численностью двустворчатого моллюска-фильтратора *M. lineatus*. Это может свидетельствовать о наличии значительного количества органики в исследованных акваториях [39].

По биомассе преобладают фитофаги (57%), в основном за счёт *R. splendida* (рис. 7).

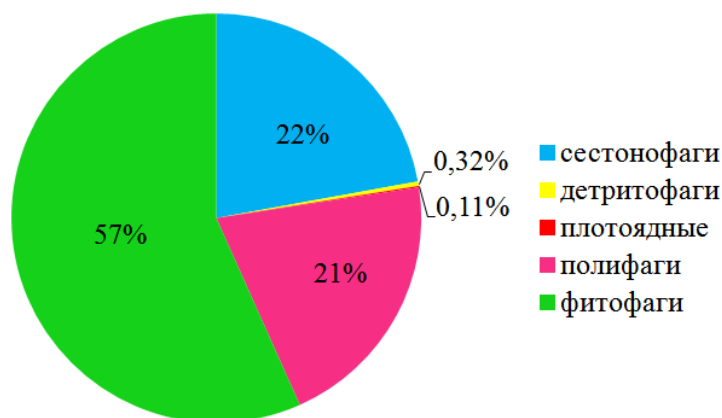


Рис. 7. Трофическая структура макрозообентоса в эпифитоне *C. crinita* по биомассе.

Доли сестонофагов и полифагов почти в два раза меньше. Сестонофаги представлены молодью митилястера, полифаги – полихетами и ракообразными.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В эпифитоне водоросли *Cystoseira crinita* у берегов Крыма и Кавказа обнаружено 56 видов макрозообентоса. Численность и биомасса видов у берегов Кавказа составили 1432 экз. $\cdot$ кг<sup>-1</sup> и 9,52 г $\cdot$ кг<sup>-1</sup>, у берегов Крыма эти показатели варьировали от 2506 до 6085 экз. $\cdot$ кг<sup>-1</sup> и от 23,9 до 43 г $\cdot$ кг<sup>-1</sup> соответственно. Коэффициент общности видов Чекановского-Сёренсена, указывающий на сходство видового состава эпифитона в районах исследования, изменялся от 0,4 до 0,76.
2. Выделены сообщества *Rissoa splendida* (в районах Тарханкута, Симеиза и Утриша), *Bittium reticulatum* (в бухте Круглой) и *Mytilaster lineatus* (в акватории мыса Мартьян и бухты Двужерной).
3. Сообщества *B. reticulatum* в бухте Круглая и *R. splendida* в районе Утриша находятся в более благоприятных условиях существования.
4. Трофическая структура представлена 5 группами. По количеству видов преобладают фито- и полифаги. По численности доминируют фито- и сестонофаги, по биомассе – фитофаги.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Киселёвой Г. А. за методические указания при определении видов, Дикому Е. А., Заклецкому А. А., Ширинской С. Э. за помощь в сборе и обработке материала в 2012 г.

Статья подготовлена в рамках Государственного задания ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ «Закономерности формирования и антропогенная трансформация биоразнообразия и биоресурсов Азово-Черноморского бассейна и других районов Мирового океана», номер гос. регистрации АААА-А18-118020890074-2, а также в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем», No АААА-А18-118020890090-2.

### Список литературы

1. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Чёрного моря / А. А. Калугина-Гутник. – Киев: Наукова думка, 1975. – 248 с.
2. Black Sea Red Data Book / Ed. by H. J. Dumont. New York: United Nations Office for Project Services, 1999. – 413 p.
3. Маккавеева Е. Б. Биоценоз *Cystoseira barbata* Ag. (Wor.) прибрежного участка Чёрного моря / Е. Б. Маккавеева // Труды Севастопольской биологической станции. – 1959. – Т. 12. – С. 168–191.
4. Зернов С. А. К вопросу об изучении жизни Чёрного моря / С. А. Зернов // Записки Императорской Академии Наук. – СПб, 1913. – Т. 32, № 1. – 300 с.
5. Водяницкий В. А. Отчет о работе Новороссийской биологической станции им. проф. В. М. Арнольди за 1927 г. / В. А. Водяницкий // Гидробиологический журнал. – 1928. – Т. 7, № 3–4. – С. 90–93.
6. Киселева Г. А. Видовой состав и динамика макрозообентоса в ассоциациях водорослей Карадагского природного заповедника / Г. А. Киселева // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 20. – С. 57–66.
7. Киселева Г. А. Биоразнообразие макрозообентоса в ассоциациях водорослей (юго-восточное побережье, мыс Киик-Атлама) / Г. А. Киселева, Е. А. Диккий, А. А. Заклецкий, Д. В. Подзорова // Биоразнообразие и устойчивое развитие: II Междунар. научно-практическая конф., 12–16 сентября 2012. материалы конф., Симферополь – 2012. – С. 181–183.
8. Киселёва Г. А. Макрозообентос в ассоциациях цистозир прибрежной сублиторали и островов Скалы-Корабли в Оупукском природном заповеднике / Г. А. Киселева, А. А. Заклецкий, С. Э. Ширинская // Геополитика и экодинамика регионов. – 2014. – Вып. 1. – С. 613–618.
9. Колесникова Е. А. Динамика распределения эпифитона прибрежных зарослей цистозир в бухте Омега (район Севастополя) / Е. А. Колесникова, С. А. Мазлумян // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу / ред.: Е. В. Павлова, Н. В. Шадрин. Севастополь: Аквавита, 1999. – С. 221–228.
10. Макаров М. В. Долговременные изменения численности и биомассы Mollusca в зарослях *Cystoseira* sp. в бухте Круглая (юго-западный Крым, Чёрное море) / М. В. Макаров // Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: V Междунар. научной конф. 12–17 сент. 2016 г. материалы конф., Минск: БГУ, 2016. – С. 235–236.
11. Макаров М. В. Современное состояние макрозообентоса в зарослях водорослей *Cystoseira crinita* Duby, 1830 вдоль побережья Крыма (Чёрное море) / М. В. Макаров, Л. В. Бондаренко, В. Г. Копий, Д. В. Подзорова // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона. IX Междунар. научно-практическая конф. 6 октября 2017 г. материалы конф., Керчь: КФ («ЮгНИРО») – 2017. – Т. 1. – С. 92–98.
12. Макаров М. В. Макрозообентос в эпифитоне водоросли *Cystoseira crinita* Duby, 1830 акватории государственного природного заповедника Утриш (Чёрное море) / М. В. Макаров, Т. В. Витер // Экосистемы. – 2018. – Вып. 15 (45). – С. 106–111.
13. Маккавеева Е. Б. Эпифитон и биоценозы зарослей макрофитов шельфа / Е. Б. Маккавеева // Биология шельфа: II Всесоюзная конф. по биологии шельфа. материалы конф. Ч. 2. – Киев: Наук. думка, 1978. – С. 73–74.
14. Маккавеева Е. Б. Беспозвоночные зарослей макрофитов Чёрного моря. / Е. Б. Маккавеева. – Киев: Наукова думка, 1979. – 229 с.

15. Маккавеева Е. Б. Особенности распространения ракообразных и полихет на цистозире в прибрежной зоне Чёрного моря / Е. Б. Маккавеева, Г. Б. Мусихина, Ю. В. Просви́ров, И. В. Серенко, А. С. Повчун // *Экология моря*. – 1993. – Вып. 44. – С. 42–45.
16. Резниченко О. Г. Фауна зарослей цистозир Чёрного моря / О. Г. Резниченко // *Труды института океанологии*. – 1957. – Т. 23. – С. 185–194.
17. Смоляр Р. И. Биоценоз цистозир бухт северо-восточной части Чёрного моря в условиях нефтяного загрязнения: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. / Смоляр Р. И. – Одесса, 1978. – 25 с.
18. Грезе И. И. Амфиподы Чёрного моря и их биология / И. И. Грезе. – Киев: Наук. думка, 1977. – 156 с.
19. Давиташвили Л. Ш. Справочник по экологии морских двустворок / Л. Ш. Давиташвили, Р. Л. Мерклин. – Москва: Наука, 1966. – 351 с.
20. Киселева М. И. Многощетинковые черви (Polychaeta) Чёрного и Азовского морей / М. И. Киселева. – Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН, 2004. – 409 с.
21. Чухчин В. Д. Экология брюхоногих моллюсков Чёрного моря. / В. Д. Чухчин. – Киев: Наук. думка, 1984. – 176 с.
22. World Register of Marine Species. WoRMS Editorial Board, 2020. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. doi:10.14284/170.
23. Мальцев В. И. О возможности применения показателя функционального обилия для структурных исследований зооценозов / В. И. Мальцев // *Гидробиологический журнал*. – 1990. – Т. 26, № 1. – С. 87–89.
24. Дулепов В. И. Системная экология: учебное пособие / В. И. Дулепов, О. А. Лескова, И. С. Майоров. – Владивосток: Изд. ВГУЭС, 2004. – 251 с.
25. Whittaker R. H. Dominance and diversity in land plant communities / R. H. Whittaker // *Science*. – 1965. – Vol. 147. – P. 250–260.
26. Wilhm J. L. Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents / J. L. Wilhm, T. C. Dorris // *American midland Naturalist*. – 1966. – Vol. 76, No. 2. – P. 427–429.
27. Ковалева М. А. Макрозообентос скал верхней сублиторали Тарханкутского полуострова (Крым, Чёрное море) / М. А. Ковалева, Н. А. Болтачева, М. В. Макаров, Л. В. Бондаренко // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. Биол.* – 2016. – Т. 121, Вып. 1. – С. 35–42.
28. Белич Т. В. Ревизия флоры макрофитов заповедника «Мыс Матьян» / Т. В. Белич, С. Е. Садогурский, С. А. Садогурская // *Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН*. – 2018. – Вып. 3, № 7. – С. 3–21.
29. Кухарев И. Л. Характеристика территории заповедника. Государственный природный заповедник «Утриш» / И. Л. Крохмаль, А. Г. Крохмаль, А. Н. Быхалова // *Атлас. Научные труды*. – Т. 2. Анапа, 2013. – С. 12–13.
30. Максимова О. В. Современное состояние макрофитобентоса у побережья Северного Кавказа: реакция фитали на эвтрофикацию черноморского бассейна / О. В. Максимова, Н. П. Лучина // *Комплексные исследования северо-восточной части Чёрного моря* / ред.: А. Г. Зацепин, М. В. Флинт. – Москва: Наука, 2002. – С. 297–308.
31. Симакова У. В. Сообщества макроводорослей заповедника «Утриш» / У. В. Симакова, И. А. Смирнов, Н. В. Шабалин, В. Г. Папунов // *Научные исследования на заповедных территориях: Всероссийская науч. конф., посвящ. 160-летию со дня рожд. основателя Карадагской науч. станции, доктора медицины, приват-доцента Московского университета Т. И. Вяземского, а также Году особо охраняемых природных территорий и Году экологии в России. тез. докл. 9–14 октября 2017 г.* – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. – С. 47.
32. Водяницкий В. А. О естественноисторическом районировании Чёрного моря и, в частности у берегов Крыма / В. А. Водяницкий // *Труды Севастопольской биологической станции*. – 1949. – Т. 7. – С. 249–255.
33. Маккавеева Е. Б. К биологии и сезонным колебаниям численности некоторых бокоплавов Чёрного моря / Е. Б. Маккавеева // *Труды Севастопольской биологической станции*. – 1960. – Т. 13. – С. 120–127.
34. Макаров М. В. Структура таксоцено Mollusca на естественных твёрдых субстратах в акваториях охраняемых районов Крыма / М. В. Макаров, М. А. Ковалева // *Экосистемы*. – 2017. – Вып. 9. – С. 20–24.



35. Маккавеева Е. Б. Зарослевые биоценозы Средиземного моря / Маккавеева Е. Б. // Труды Севастопольской биологической станции. – 1963. – Т. XVI. – С. 201–210.
36. Маккавеева Е. Б. Зарослевые биоценозы Адриатического моря / Е. Б. Маккавеева // Труды Севастопольской биологической станции. – 1964. – Т. 18. – С. 39–47.
37. Миловидова Н. Ю. Донные биоценозы Новороссийской бухты / Н. Ю. Миловидова // Распределение бентоса и биология донных животных в южных морях / ред. В. А. Водяницкий и др. – Киев: Наукова думка, 1966. – С. 75–85.
38. Воробьев В. П. Бентос Азовского моря / В. П. Воробьев // Труды Азовско-Черноморского научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства. – 1949. – Вып. 13. – 195 с.
39. Финенко Г. А. Роль детрита в питании двустворчатого моллюска *Mytilus galloprovincialis* Lam. / Г. А. Финенко // Экология моря. – Т. 28. – 1988. – С. 64–69.

## MACROZOBENTHOS IN THE EPIPHYTON OF ALGAE *CYSTOSEIRA CRINITA* DUBY, 1830 NEAR THE COAST OF CRIMEA AND THE CAUCASUS (BLACK SEA)

*Makarov M. V., Kopyy V. G., Bondarenko L. V., Viter T. V., Podzorova D. V.*

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russia  
E-mail: mihaliksevast@inbox.ru*

The article provides summarized data of species composition, abundance, biomass, occurrence and trophic structure of invertebrate macrozoobenthos associated with red-book algae *Cystoseira crinita* Duby, 1830 in the coastal waters of the Crimea (Cape Tarkhankut, Kruglaia Bay, Simeiz, "Cape Martyan" Reserve, Dvuyakornaya Bay) and the Caucasus (in the area of "Utrish Nature Reserve") in August–September 2012–2017 at the depth of 1, 3 and 5 m. A total of 46 samples were taken (42 quantitative and 4 qualitative). In the area of Utrish, such studies were carried out for the first time. In the algae communities of the Black Sea coast of Crimea and the Caucasus 56 species belonging to the types Annelida, Platyhelminthes, Mollusca and Arthropoda were identified. Ten species are common to all areas. The abundance and biomass near the Caucasus coast were 1432 ind. kg<sup>-1</sup> and 9,52 g·kg<sup>-1</sup>, near the coast of Crimea these values varied from 2506 to 6085 ind. kg<sup>-1</sup> and from 23,9 to 43 g·kg<sup>-1</sup> respectively. Mollusks and crustaceans dominated in values of abundance, mollusks dominated in values of biomass. The highest quantitative indicators were recorded in the waters of Simeiz, the lowest – in the area of the "Utrish" Nature Reserve. Molluscs, in particular, *Mytilaster lineatus* Gmelin, 1791, make a significant contribution to the formation of macrozoobenthos abundance in the Simeiz area, while in the water area of Utrish the peaks of abundance have been defined due to crustaceans *Ericthonius difformis* M.-Edwards, 1830 and *Ampithoe ramondi* Audouin, 1826. Gastropods *Rissoa splendida* Eichwald, 1830, *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778) and bivalve *M. lineatus* make the greatest contribution to the biomass of macrozoobenthos both in the waters of Simeiz and in the Utrish Reserve area. The high abundance and biomass of these molluscs allow them to form a macrozoobenthos nucleus in the studied water areas. Comparison of species composition of macrozoobenthos by the Chekanovsky-Sørensen community index showed high fauna similarity in all areas (the

coefficient ranged from 0,4 to 0,76), as they are bound by the same biotope. The fauna of the Kruglaya Bay and Cape Tarkhankut are the most similar to each other. The areas in Dvuyakornaya Bay and Cape Martyan are the least similar to each other. The results of the cluster analysis confirm that the most similar areas in terms of presence/absence of species are Kruglaya Bay and Cape Tarkhankut, and also Dvuyakornaya Bay and Utrish area. The functional abundance index determined the communities of gastropod molluscs *R. splendida* (in the Tarkhankut, Simeiz and Utrish areas), *B. reticulatum* (in Kruglaya Bay) and bivalve *M. lineatus* (in Cape Martyan and Dvuyakornaya Bay). It has been shown that the *R. splendida* communities are more attracted to open coasts. In the *R. splendida* community from 16 to 25 species have been recorded in different areas, in the *M. lineatus* community in the water areas of the Cape Martyan and Dvuyakornaya Bay (only quantitative samples were taken into calculation) 16 and 17 species were identified, in the *B. reticulatum* community – 25. In the majority of communities the guiding species were predominated. Their proportion was between from 32 to 56 % of the total number of species. Characteristic species dominate only near Utrish. Their share is 36 %. The number of rare species in communities varies from 3 to 9. The dominance-diversity curves indicate a more stable state of the epiphyton community in the water areas adjacent to the Utrish Reserve and Kruglaya Bay. Shannon index values also indicate high biodiversity in the studied water areas. The maximum Shannon Index value in terms of abundance was recorded in the *B. reticulatum* community (2,66) in Kruglaia Bay and a high value in terms of biomass (2,34) was marked in the *R. splendida* community in the Simeiz area. Five trophic groups have been identified. Phyto- and polyphages dominate by the number of species. Phyto- and sestonophages dominate in values of abundance, phytophages – in values of biomass.

**Keywords:** epiphyton *Cystoseira crinita*, macrozoobenthos, communities, coasts of Crimea and Caucasus, biodiversity, trophic structure.

#### References

1. Kalugina-Gutnik A. A. *Phytobenthos of the Black sea*, 248 p. (Kiev: Naukova dumka, 1975).
2. *Black Sea Red Data Book*, Ed. by H. J. Dumont, 413 p. (New York: United Nations Office for Project Services, 1999).
3. Makkaveeva E. B. Biocenosis of *Cystoseira barbata* Ag. (Wor.) of coastal area of the Balck Sea, *Trudy Sevastopolskoy biologicheskoy stancii*, **12**, 169 (1959).
4. Zernov S. A. To question about research of the Black Sea life, *Zapiski imperatorskoy akademii nauk*, **32** (1), 300 p.
5. Vodyanickiy V. A. Report about work of Novorosisk biological station by name pfof. V. M. Arnoldi at 1927, *Gidrobiologicheskij zhurnal*, **7** (3-4), 90 (1928).
6. Kiselyova G. A. Species composition and dynamics of macrozoobenthos in association algae of Karadag nature reserve, *Ekosistemy, ih optimizaciya i ohrana*, 20, 57 (2009).
7. Kiselyova G. A., Dikiy E. A., Zakleckiy A. A., Podzorova D. V. Biodiversity of macrozoobenthos in association algae (South-east coast, cape Kiik-Atlama), *Bioraznobrazie i ustoychivoe razvitie: II mezhd. nauch-prakt. konf.*, Abstracts, 181 (Simferopol, 2012).
8. Kiselyova G. A., Zakleckiy A. A., Shirinskaya S. E. Macrozoobenthos in association *Cystoseira* of coastal sublittoral and islands Skaly-Korabli in Opuk nature reserve, *Geopolitika i ekodinamika regionov*, **1**, 613 (2014).

9. Kolesnikova E. A., Mazlumyan S. A. Dynamics of distribution epiphyton of coastal overgrown *Cystoseira* in Omega bay (Sevastopol area), *Akvatoriya i berega Sevastopolya: ekosistemnie processy i uslugi obcchestvu*, red. E. V. Pavlova, N. V. Shadrin, Sevastopol: Akvavita, 221 (1999).
10. Makarov M. V. Long-term changes of abundance and biomass Mollusca in overgrown *Cystoseira* sp. in Kruglaya bay, *Ozernie ekosistemy: biologicheskie process, antropogennaya transformaciya, kachestvo vody: V Mezhd. nauch. konf.*, Abstract, 235 (Minsk, 2016).
11. Makarov M. V. Modern state of macrozoobenthos in overgrown algae *Cystoseira crinita* Duby, 1830 along Crimean coast (the Black sea), *Sovremenniye rybohozyaystvennie i ekologichaskiye problemy Azovo-Chernomorskogo regiona: IX mezhd. nauch.-prakt. konf.:* Abstracts, 92 (Kerch, 2017).
12. Makarov M. V., Viter T. V. Macrozoobenthos in epiphyton of algae *Cystoseira crinita* Duby, 1830 in aquatorium of State nature reserve Utrish (the Black sea), *Ekosistemy*, **15 (45)**, 106 (2018).
13. Makkaveeva E. B. Epiphyton and biocenosis of overgrown shelf macrophyts, *Biologiya shelfa: II Vsesoyuz. konf.:* Abstracts, 73 (Kiev, 1978).
14. Makkaveeva E. B. *Invertabrates of overgrown macrophyts of the Black Sea*, 229 p. (Kiev: Naukova dumka, 1979).
15. Makkaveeva E. B., Musihina G. B., Prosviriv Yu. V., Serenko I. V., Povchun A. S. Features pf the distribution of crustaceans and polychaetes on cystoseira in the coastal zone of the Black Sea, *Ekologiya morya*, **44**, 42 (1993).
16. Reznichenko O. G. Fauna of overgrown cystoseira of the Black Sea, *Trudy instituta okeanologii*, **23**, 185 (1957).
17. Smolyar R. I. Biocenosis of cystoseira of north-east Black Sea bays in conditions of oil pollution: Abstract. dis. ... Cand. biol. science. Odessa, 1978. 25 p.
18. Greze I. I. *Amphipods of the Black Sea and its biology*, 156 p. (Kev: Naukova dumka, 1977).
19. Davitashvili L. Sh. *Directory at ecology of marine bivalvies*, 351 p. (Moskva: Nauka, 1966).
20. Kiselyova M. I. *Polychaets of the Black and Azov Seas*, 409 p. (Apatity:izd-vo Kolskogo nauchogo centra RAN, 2004).
21. Chukhchin V. D. *Ecology of the Black Sea gastropods*, 176 p. (Kiev: Naukova dumka, 1984).
22. World Register of Marine Species. WoRMS. Editorial Board, 2020. Available from <http://www.marinespecies.org> at VIZ. doi: 10/14284/170.
23. Malcev V. I. About possibility of use functional abundance indicator for structure investigations of zoocenosis, *Gidrobiologicheskij zhurnal*, **26 (1)**, 87 (1990).
24. Dulepov V. I., Leskoba O. A., Mayorov I. S. System ecology: tutorial, 251 p. (Vladivostok: Izd. VGUES, 2004).
25. Whittaker R. H. Dominance and diversity in land plant communities, *Science*, **147**, 250 (1965).
26. Wilhm J. L., Dorris T. C. Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream reciving domestic and oil refinery efflements, *American middland Naturalis*, **76 (2)**, 427 (1966).
27. Kovalyova M. A., Boltacheva N. A., Makarov M. V., Bondarenko L. V. The macrozoobenthos of rocks of the upper sublittoral of the Tarkhankut peninsula (Crimea, the Black Sea), *Bulleten Moskovskogo obcchestva ispytateley prirody. Otd. Biol.*, **121 (1)**, 35 (2016).
28. Belich T. V., Sadogurskiy S. E., Sadogurskaya S. A. Revision of macrophyts flora in reserve "Cape Martyan", *Trudy Karadagskoy nauchnoy stancii im. T. I. Vyazemskogo – prirodnoho zapovednika RAN*, **3 (7)**, 3 (2018).
29. Kuharev I. L., Krohmal I. L., Krohmal A. G., Byhalova A. N. Characteristic of reserve area. State nature reserve "Utrish", *Atlas. Nauchnie Trudy*, **2**, 12 (2013).
30. Maksimova O. V., Luchina N. P. The current state of macrophytobenthos near the coast of the North Caucasus: the reaction of phytals to the eutrophication of the Black Sea basin, *Kompleksnie issledovaniya severo-vostochnoy chasti Chernogo morya*, red.: A. G. Zacepin, M. V. Flint, 297 (Moskva: Nauka, 2002).
31. Simakova U. V., Smirnov I. A., Shabalin N. V., Papunov V. G. Communities of macroalgae of reserve "Utrish", *Nauchnie issledovaniya na zapovednih territoriyah: Vseros. nauch. konf.*, Abstracts, 47 (Simferopol, 2017).
32. Vodyanickiy V. A. About natural-historical zoning of the Black Sea and, in particular, near Crimean coast, *Trudy Sevastopolskoy biologicheskoy stancii*, **7**, 249 (1949).
33. Makkaveeva E. B. To biology and seasonal fluctuations of abundance of some amphipods of the Black Sea, *Trudy Sevastopolskoy biologicheskoy stancii*, **13**, 120 (1960).

34. Makarov M. V., Kovalyova M. A. The structure of taxon of molluscs on natural hard substrates in aquatorium of Crimean reserve areas, *Ekosystemy*, **9** (39), 20 (2017).
35. Makkaveeva E. B. Overgrown biocenoses of the Mediterranean Sea, *Trudy Sevastopolskoy biologicheskoy stancii*, **16**, 201 (1963).
36. Makkaveeva E. B. Overgrown biocenoses of the Adriatic Sea, *Trudy Sevastopolskoy biologicheskoy stancii*, **18**, 39 (1964).
37. Milovidova N. Yu. Bottom biocenosis of Novorossiysk bay, *Raspredelenie benthosa i biologiya donnih zivotnih v yuzhnih moryah*, red. V. A. Vodyanickiy i dr., 75 (Kiev: Naukova dumka, 1966).
38. Vorobyov V. P. Benthos of the Sea of Azov, *Trudy Azovo-Chernomorskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo hozyaystva*, **13**, 195 (1949).
39. Finenko G. A. Role of detritus in feeding of bivalves *Mytilus galloprovincialis* Lam., *Ekologiya morya*, **28**, 64 (1988).

**УДК 159.92**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-117-126**

## **РЕАКТИВНОСТЬ ТЕТА-РИТМА ЭЭГ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ПОМОГАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ**

*Михайлова А. А., Орехова Л. С., Дягилева Ю. О., Тышко А. А., Павленко В. Б.*

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

В статье рассматриваются особенности тета-ритма электроэнцефалограммы у детей в раннем возрасте, проявляющих разный уровень инструментального помогающего поведения. В исследовании приняли участие 56 детей в возрасте от 16 до 42 месяцев. Уровень инструментального помогающего поведения определяли с использованием игровой методики. Производилась регистрация ЭЭГ у детей во время наблюдения за действиями экспериментатора и одновременного восприятия его речи, а также в ситуации устойчивого зрительного внимания. Анализ ЭЭГ проводили в индивидуально определенном частотном диапазоне тета-ритма. Обнаружено увеличение амплитуды тета-ритма у детей в ситуации одновременного наблюдения за действиями и восприятием речи другого человека по сравнению с ситуацией устойчивого зрительного внимания. У детей с высоким уровнем инструментального помогающего поведения реакция увеличения тета-ритма выявлена в большем числе отведений по сравнению с детьми, которым требовалось больше времени для оказания помощи экспериментатору.

**Ключевые слова:** инструментальное помогающее поведение, ЭЭГ, тета-ритм, дети раннего возраста.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Важным элементом взаимодействия между людьми является просоциальное поведение. Однако конкретная роль вклада социальных и биологических факторов в становление данного типа поведения остается не ясной. Результаты некоторых исследований свидетельствуют о биологических основах просоциального поведения. Было показано, что даже человекообразные приматы (шимпанзе) способны оказывать безвозмездную помощь представителям своего вида [1]. Установлено, что дети уже в раннем возрасте способны оказывать простую инструментальную помощь нуждающимся, что является одним из элементов просоциальности [2, 3]. Стоит отметить, что детям, при этом, не требуются поощрения их действий со стороны взрослых [4, 5]. При этом оказание помощи другому человеку является сложным и многоступенчатым процессом. Ребенку необходимо понять, что у другого человека есть потребность в получении помощи, определить цель конкретного действия и иметь мотивацию для оказания этой помощи. Тем не менее, было выявлено [6], что скорость, с которой дети 14–18 месяцев принимают решение оказать помощь, не коррелирует с уровнем когнитивного развития, что, по мнению авторов исследования, свидетельствует о

наличии врожденного стремления оказывать помощь нуждающимся. Стоит отметить, что не все люди склонны к оказанию помощи другим. На это могут влиять ряд факторов: социальные (особенности воспитания, социальных норм и культуры той страны, в которой проживает человек) [7, 8]; уровень достатка индивида [9]; наличие схожести между помогающим и получающим помощь (человек чаще помогает, если тот, кому нужна помощь принадлежит к той же группе, что и он сам (расовой, социальной, религиозной и т. д.) [10]. Кроме того, склонность к просоциальному поведению может быть связана с выработкой определенных медиаторов, являющихся важным элементом работы ЦНС, и, как предполагается, такая медиаторная специфичность будет отражаться в показателях электрической активности головного мозга [11, 12]. Важную роль в данной области исследований играет электроэнцефалография – не инвазивный метод, применимый для изучения ритмической активности мозга у младенцев и детей раннего возраста [13]. Частотные компоненты электроэнцефалограммы (ЭЭГ) отражают активацию или торможение различных зон мозга и реализацию функций, выполняемых ими [14]. У детей в раннем возрасте доминирующим типом суммарной электрической активности мозга является тета-ритм [14]. Традиционно тета-ритм связывают как с обработкой эмоциональных стимулов, так и с процессами запоминания (консолидация информации при переходе из краткосрочной памяти в долгосрочную) [15] что, как предполагается, отражается в изменении активности в лобных и височных зонах коры [16]. Следует отметить, что при анализе ЭЭГ у маленьких детей необходимо учитывать индивидуальные диапазоны ритмов, которые могут значительно отличаться от стандартных [17].

Показано, что у детей уровень помогающего поведения может быть связан с характеристиками ЭЭГ. Выявлено, что у детей с высоким уровнем помогающего поведения наблюдалось увеличение показателей асимметрии альфа-ритма в правом полушарии [18]. Ранее нами была выявлена связь между уровнем инструментального помогающего поведения (УИПП) и мощностью альфа- и гамма-ритмов ЭЭГ, зарегистрированных в ситуации устойчивого зрительного внимания [19]. При этом особый интерес вызывают особенности реактивности ритмов ЭЭГ, зарегистрированной до момента оказания помощи ребенком. Поскольку при наблюдении за действиями экспериментатора и одновременном восприятием его речи, понимание ребенком ситуации могло влиять на дальнейшее принятие решения об оказании помощи.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы явился анализ реактивности ЭЭГ в индивидуально определенном диапазоне тета-ритма при одновременном наблюдении за действиями другого человека и восприятием его речи до момента предъявления задачи по оказанию помощи у детей раннего возраста с разным УИПП.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании приняли участие 56 детей в возрасте от 16 до 42 месяцев. Средний возраст составил  $31 \pm 0,8$  месяцев. Критериями включения в группу для

исследования были: вес при рождении не менее 2,5 кг, отсутствие хронических заболеваний нервной системы, рисование правой рукой.

Для оценки уровня инструментального помогающего поведения использовалась методика F. Warneken, M. Tomasello с изменениями, необходимыми для проведения теста с детьми раннего возраста. Перед ребенком размещали небольшую деревянную коробку с небольшим отверстием на верхней грани и полностью отсутствующей гранью, направленной к ребенку. Таким образом, достать предмет из коробки мог только ребенок. Наблюдаемая ребенком ситуация с применением метода воображаемой игры развивалась следующим образом: экспериментатор произносил фразу «Я буду пить чай, у меня есть ложка, чашка и я буду мешать сахар», ставил чашку с ложкой на коробку и начинал мешать ложкой «чай» в чашке. Затем исследователь «случайно» ронял ложку в отверстие на верхней грани коробки. От ребенка требовалось отреагировать на данный стимул (оказать помощь) за максимально короткий промежуток времени. Примерно после 9–13 секунд исследователь произносил фразу «У меня упала ложка». Производилась регистрация времени, необходимого для оказания помощи ребенком. Уровень выраженности инструментального помогающего поведения оценивали исходя из скорости реакции ребенка. Затем секунды переводили в баллы: 9 баллов – ребенок отдает ложку через 0.1–5.9 с; 8 баллов – 6.0–12.9 с, 7 баллов – 13.0–19.9 с, 6 бал. – 20.0–26.9 с, 5 бал. – 27.0–33.9 с, 4 бал. – 34.0–40.9 с, 3 балла – 41.0–47.9 с, 2 балла – 48.0–54.9 с, 1 бал – 55.0–60.0 с. Ребенок получал 0 баллов, если вообще не отдавал ложку. Остальные подробности методики описаны ранее [19].

Регистрацию ЭЭГ проводили с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа «Мицар» (Санкт-Петербург) и персонального компьютера. Биопотенциалы регистрировали хлорсеребряными электродами монополярно в соответствии с международной системой «10-20». Полоса пропускания сигнала при регистрации составляла 0,5–30,0 Гц, частота дискретизации – 250 Гц. Синхронно с записью ЭЭГ велась запись звука и видеорегистрация лица и рук ребенка. Для обработки данных использовали компьютерную программу «WinEEG», позволяющую применять спектральный анализ и метод независимых компонент.

Участки записей ЭЭГ содержащие большое количество артефактов, исключались из обработки. Для коррекции незначительных артефактов применяли метод независимых компонент. Для обработки брали полученные безартефактные отрезки ЭЭГ, которые разбивали на эпохи по 2,5 с. Фрагменты ЭЭГ подвергались быстрому преобразованию Фурье с перекрытием 50 %. Верхнюю границу тета-ритма выявляли индивидуально для каждого ребенка в тесте «Восприятие и повторение действия» [20] (в данной статье результаты этого теста не анализировались). Частотный диапазон, в котором наблюдалось снижение амплитуды в отведении С3 при выполнении ребенком действий принимали за индивидуальный диапазон мю-ритма (подробнее см. [17]), а значение частоты, ниже которой наблюдалось повышение амплитуды в данном локусе, – за верхнюю границу тета-ритма. В качестве нижней границы частотного диапазона тета-ритма на основании ЭЭГ-исследования детей раннего возраста [21] принималось значение

3 Гц. Для анализа тета-ритма ЭЭГ рассчитывали его амплитуду, которую подвергали логарифмированию для нормализации распределения (ln мкВ).

Регистрация ЭЭГ осуществлялась в следующих экспериментальных ситуациях:

1. Устойчивое зрительное внимание (УЗВ, фоновая ситуация) – ребенку с экрана монитора показывали видеозапись вращающегося мяча (продолжительность записи 20–30 с).

2. Тест на инструментальное помогающее поведение (см. выше). Данная ситуация включала 2 этапа: наблюдение за действиями и восприятие речи экспериментатора до момента падения ложки (ситуация ПП1); при непосредственном оказании помощи ребенком экспериментатору (ситуация ПП2 – не рассматривается в данной статье).

Результаты измерений графически представляли, в виде показателей средних значений  $\pm$  ошибка среднего. Для статистической обработки данных применяли repeated measures ANOVA с факторами СИТУАЦИЯ (2 уровня: ПП1 и Фон), ЛОКУС (19 отведений), ГРУППА (2 уровня: низкий и высокий УИПП). Для расчета статистической значимости изменений тета-ритма отдельно в каждом из отведений использовался метод априорных контрастов (оценка F-распределения).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Для анализа характеристик тета-ритма ЭЭГ в зависимости от уровня инструментального помогающего поведения исследуемые дети были отнесены к двум группам в зависимости от времени оказания ими инструментальной помощи. Группу детей с низким УИПП составили 18 детей, которые проявляли инструментальную помощь после речевой подсказки «У меня упала ложка», или не проявляли ее вовсе, то есть дети, которые набрали от 0 до 7 баллов. Группу с высоким УИПП составили 38 детей, которые подавали ложку в первые 10 секунд после ее падения, то есть дети, набравшие 8 или 9 баллов. Возраст детей в обеих группах значимо не отличался ( $t = 0,05$ ,  $p = 0,96$ ).

Дисперсионный анализ для повторяющихся измерений позволил выявить особенности реактивности показателей ЭЭГ в частотном диапазоне тета-ритма в ситуации ПП1 относительно фоновой ситуации (УЗВ). Влияние факторов СИТУАЦИЯ, ГРУППА, ЛОКУС, а также взаимодействия указанных факторов представлены в таблице 1.

На реактивность тета-ритма ЭЭГ при наблюдении за действиями экспериментатора и одновременном восприятии его речи в ситуации ПП1 относительно фоновой ситуации УЗВ выявлено значимое влияние фактора ЛОКУС и взаимодействия факторов СИТУАЦИЯ  $\times$  ЛОКУС, а также тенденция к значимому влиянию фактора СИТУАЦИЯ.



Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа различий в амплитуде тета-ритма ЭЭГ при одновременном наблюдении за действиями экспериментатора и восприятием его речи в ситуации ПП1 относительно УЗВ (фактор СИТУАЦИЯ) у детей с разным уровнем инструментального помогающего поведения (фактор ГРУППА).

Ритм	СИТУАЦИЯ	ГРУППА	ЛОКУС	СИТУАЦИЯ × ГРУППА	СИТУАЦИЯ × ЛОКУС	СИТУАЦИЯ × ГРУППА × ЛОКУС
	$F_{1, 40};$ $p$	$F_{1, 40};$ $p$	$F_{18, 720};$ $p$	$F_{1, 40};$ $p$	$F_{1, 49};$ $p$	$F_{18, 720};$ $p$
Тета-	3,59; 0,06	1,31; 0,26	5,28; < 0,001	0,72; 0,78	1,96 0,01	0,95; 0,51

Примечание: ЛОКУС – 19 отведений ЭЭГ

На рисунке 1 показано, что у детей с низким УИПП при одновременном наблюдении за действиями экспериментатора и восприятием его речи в ситуации ПП1 относительно ситуации УЗВ, амплитуда тета-ритма значимо увеличивалась в медианном теменном локусе (Pz:  $p=0,04$ ).

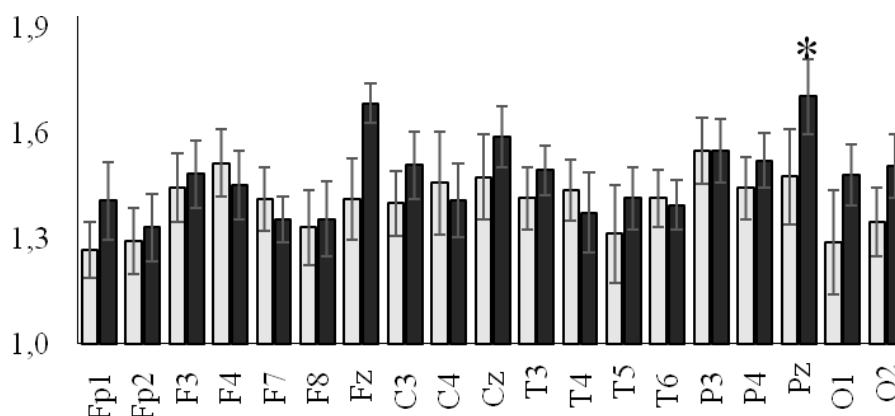


Рис. 1. Амплитуда (ln мкВ) тета-ритма ЭЭГ у детей с низким уровнем инструментального помогающего поведения в ситуации устойчивого зрительного внимания (серые столбцы) при одновременном наблюдении за действиями экспериментатора и восприятием его речи в ситуации ПП1 (черные столбцы). Звездочкой отмечен случай достоверных различий, выявленный методом априорных контрастов (\* –  $p < 0,05$ ).

У детей с высоким УИПП статистически значимое увеличение амплитуды тета-ритма выявлено в пяти отведениях (Fp1:  $p=0,03$ ; Fp2:  $p=0,01$ ; P4:  $p=0,007$ ; O1:  $p=0,02$ ; O2:  $p=0,001$ ) (рис. 2).

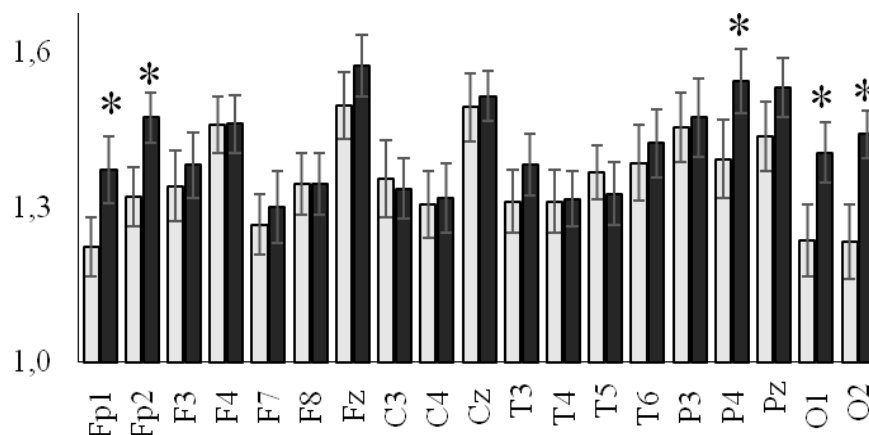


Рис. 2. Амплитуда (In мкВ) тета-ритма ЭЭГ у детей с высоким уровнем инструментального помогающего поведения в ситуации устойчивого зрительного внимания (серые столбцы) и при одновременном наблюдении за действиями экспериментатора и восприятии его речи в ситуации ПП1 (черные столбцы). Звездочками отмечены случаи достоверных различий, выявленные методом априорных контрастов (\* –  $p < 0,05$ ).

Обнаруженное увеличение тета-ритма в экспериментальной ситуации, вероятно свидетельствует об эмоциональной вовлеченности ребенка в игровой процесс. Кроме того, рост амплитуды тета-ритма в диапазоне 3,6–5,6 Гц ранее был выявлен другими авторами при обращенной к ребенку речи [22]. Можно предположить, что обнаруженный нами рост тета-ритма в ситуации наблюдения ребенком за действиями экспериментатора, предшествующими задаче оказания помощи, связан с нагрузкой на ресурсы памяти. Социальная ситуация с применением метода воображаемой игры, во время которой экспериментатор произносил фразу «Я буду пить чай, у меня есть ложка, чашка и я буду мешать сахар» могла сопровождаться распознаванием ребенком не только действий, но и речи экспериментатора. Так, в работе M. Bastiaansen и P. Nagoort, представлен обзор литературы, в котором рассматривались изменения паттернов ЭЭГ время выполнения задач на понимание родного языка. Авторы делают вывод о том, что операции извлечения лексической информации (например, фонологической, синтаксической и семантической) из долговременной памяти в основном сопровождаются усиленной нейрональной синхронизацией в частотном диапазоне тета-ритма [23].

Несмотря на отсутствие значимого влияния фактора ГРУППА, результаты анализа показали, что у детей с высоким УИПП повышение тета-ритма

происходило в большем числе отведений по сравнению с детьми с низким УИПП. Вероятно, дети проявившие более высокий УИПП, лучше понимали действия и речь экспериментатора, легче вовлекались в экспериментальную ситуацию, предшествующую задаче оказания помощи и в связи с этим быстрее оказывали инструментальную помощь.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлен рост амплитуды тета-ритма электроэнцефалограммы, зарегистрированной при одновременном наблюдении за действиями другого человека и восприятии его речи у детей с разным уровнем выраженности инструментального помогающего поведения.
2. У детей с высоким уровнем инструментального помогающего поведения рост амплитуды тета-ритма в ситуации наблюдения за действиями экспериментатора выявлен в большем числе отведений, по сравнению с детьми с низкой выраженностью помогающего поведения.
3. Выдвинуто предположение, что у детей раннего возраста уровень развития просоциального поведения связан с пониманием действий, речи, и эмоциональной вовлеченности при взаимодействии с другими людьми.

*Исследование выполнено при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук № МК-730.2020.6.*

#### Список литературы

1. Jaasma L. The exceptions that prove the rule? Spontaneous helping behaviour towards humans in some domestic dogs / L. Jaasma, I. Kamm, A. Ploeger [et al.] // Applied Animal Behaviour Science. – 2020. – Vol. 224. – 104941: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104941>
2. Melis A. P. The evolutionary roots of prosociality: the case of instrumental helping / A. P. Melis // Current Opinion in Psychology. – 2018. – Vol. 20. – P. 82–86.
3. Hur Y.-M. Relationships between cognitive abilities and prosocial behavior are entirely explained by shared genetic influences: A Nigerian twin study / Hur Y.-M. // Intelligence. – 2020 – Vol. 82. – 101483: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2020.101483>
4. Warneken F. Helping and cooperation at 14 months of age / F. Warneken, M. Tomasello // Infancy. – 2007. – Vol. 11(3). – P. 271–294.
5. Brownell C. A. To share or not to share: when do toddlers respond to another's needs? / C. A. Brownell, M. Svetlova, S. Nichols // Infancy – 2009. – Vol. 14(1). – P. 117–130.
6. Grossmann T. Helping, fast and slow: Exploring intuitive cooperation in early ontogeny / T. Grossmann, M. Missana, A. Vaish // Cognition. – 2020. – Vol. 196. – 104144: <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2019.104144>
7. Olson K. R. Foundations of cooperation in preschool children / K. R. Olson, E. S. Spelke // Cognition. – 2008. – Vol. 108. – P. 222–231.
8. Hay D. F. The transformation of prosocial behavior from infancy to childhood / D. F. Hay, K. V. Cook // In: Brownell C. A. and Kopp C. B. [eds.]. Socioemotional Development in the Toddler Years: Transitions and Transformations, New York: Guilford Press. – 2007. – P. 100–131
9. Olson J. G. How income shapes moral judgments of prosocial behavior / J. G. Olson, B. McFerran, A. C. Morales [et al.] // International Journal of Research in Marketing. – 2020. – [Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2020.07.001>]

10. Riecanaky I. Beta oscillations reveal ethnicity ingroup bias in sensorimotor resonance to pain of others / I. Riecanaky, N. Paul, S. Kölbl [et al.] // *SCAN* – 2015. – Vol. 10(7). – P. 893–901.
11. Knafo-Noam A. Genetic and environmental contributions to children's prosocial behavior: brief review and new evidence from a reanalysis of experimental twin data / A. Knafo-Noam, D. Vertsberger, S. Israel // *Current Opinion in Psychology*. – 2018. – Vol. 20. – P. 60–65.
12. Van der Meulen M. Genetic and environmental influences on structure of the social brain in childhood / M. van der Meulen, L. M. Wierenga, M. Achterberg [et al.] // *Developmental Cognitive Neuroscience*. – 2020. – Vol. 44. – 100782: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100782>
13. Assenza G. A useful electroencephalography (EEG) marker of brain plasticity: delta waves / G. Assenza, V. Di Lazzaro // *Neural Regen. Res.* – 2015. – Vol. 10(8). – P. 1216–1217.
14. Braithwaite E. K. Dynamic modulation of frontal theta power predicts cognitive ability in infancy / E. K. Braithwaite, E. J. H. Jones, M. H. Johnson [et al.] // *Developmental Cognitive Neuroscience*. – 2020. – Vol. 45. – 100818: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100818>
15. Karakaş S. A. review of theta oscillation and its functional correlates / S. A. Karakaş // *International Journal of Psychophysiology*. – 2020. [Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.04.008>]
16. Lega B. C. Human hippocampal theta oscillations and the formation of episodic memories / B. C. Lega, J. Jacobs, M. Kahana // *Hippocampus*. – 2012. – Vol. 22(4). – P. 748–761.
17. Белалов В. В. Реактивность мю-ритма ЭЭГ при восприятии речи у детей в возрасте от двух до трех с половиной лет: влияние условий воспитания / В. В. Белалов, О. М. Базанова, А. А. Михайлова [и др.] // *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*. – 2020. – Т. 70(2). – С. 193–205.
18. Paulus M. Neural correlates of prosocial behavior in infancy: Different neurophysiological mechanisms support the emergence of helping and comforting / M. Paulus, N. Kühn-Popp, M. Licata [et al.] // *NeuroImage Volume*. – 2013. – Vol. 66(1). – P. 522–530.
19. Дягилева Ю. О. Связь выраженности помогающего поведения с уровнем развития и параметрами фоновой ЭЭГ ребенка / Ю. О. Дягилева, В. В. Белалов, А. А. Куленкова, А. П. Зайцева, Ф. Н. Кийк, В. Б. Павленко // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского Серия «Биология, химия»* – 2013 – Т. 26(65), № 4. – С. 30–38.
20. Nyström P. Using mu rhythm desynchronization to measure mirror neuron activity in infants / P. Nyström, T. Ljunghammar, K. Rosander [et al.] // *Dev. Sci.* – 2011. – Vol. 14(2). – P. 327–335.
21. Marshall P. J. The Bucharest Early Intervention Project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania / P. J. Marshall, N. A. Fox // *J. Cognitive Neurosci.* – 2004. – Vol. 16(8). – P. 1327–1338.
22. Orekhova E. V. EEG theta rhythm in infants and preschool children / E. V. Orekhova, T. A. Stroganova, I. N. Posikera [et al.] // *Clin. Neurophysiol.* – 2006. – Vol. 117(5). – P. 1047–1062.
23. Bastiaansen M. Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension / M. Bastiaansen, P. Hagoort // *Prog. Brain. Res.* – 2006. – Vol. 159. – P. 179–196.

## **EEG THETA RHYTHM REACTIVITY IN EARLY CHILDHOOD WITH DIFFERENT LEVEL OF HELPING BEHAVIOR**

*Mikhailova A. A., Orekhova L. S., Dyagileva Y. O., Tyshko A. A., Pavlenko V. B.*

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: [anna.kulenkova@gmail.com](mailto:anna.kulenkova@gmail.com)*

The article discusses the methodology for assessing instrumental helping behavior in early childhood. The study involved 56 children aged 16 to 42 months. The average age was  $31 \pm 0.8$  months. The level of instrumental helping behavior (LHB) was assessed using the Warneken and Tomasello test, in which the child needed to provide simple instrumental assistance to the experimenter who could not reach the fallen spoon. Points

from 0 to 9 (0 – if the child did not give the item, 9 – if the item was given quickly) were assigned based on the time it took the child to provide assistance: 9p – the spoon is returned in 0.1–5.9 s; 8p. – 6.0–12.9 s, 7p. – 13.0–19.9 s, 6p. – 20.0–26.9 s, 5p. – 27.0–33.9s, 4p. – 34.0–40.9 s, 3 p. – 41.0–47.9 s, 2 p – 48.0–54.9 s, 1p. – 55.0–60.0 s. The group of children with low LHB included 18 people, the group with high LHB – 38.

EEG was recorded in the following situations: the eye-opened resting state (the child watched a rotating colored ball on the monitor screen); as well as the child's observation of the experimenter' social action prior to helping him. The frequency range of the theta rhythm was determined individually, based on the frequency boundaries of the child's individual mu rhythm. ANOVA was used for further statistical analysis of the reactivity of the theta rhythm amplitude in eye-opened resting state and observation of social action. Statistical analysis showed that children with low LHB showed lesser changes in theta rhythm during observation of social action in comparison with baseline values, i.e. the interaction of the SITUATION  $\times$  LOCUS factors was observed, as well as a significant influence of the LOCUS factor. Post hoc test showed that the changes were correct for the Pz locus ( $p = 0.04$ ). In children with high LHB, an increase in the amplitude of theta rhythm was found in loci Fp1 ( $p = 0.03$ ), Fp2 ( $p = 0.01$ ), P4 ( $p = 0.007$ ), O1 ( $p = 0.02$ ), O2 ( $p = 0.001$ ). We assume that a larger activation of the theta rhythm may indicate the processing of observed emotionally significant information by children, as well as the processes of memory consolidation (children may have tried to recall their previous experience in a similar situation in the past). Consequently, the less time it took for the child to provide simple instrumental help, the more effectively they were involved in the observed situation and the better they understood the need for help from another person.

**Keywords:** instrumental helping, EEG, theta-rhythm, early childhood.

#### References

1. Jaasma L., Kamm I., Ploeger A., Kret M. E. The exceptions that prove the rule? Spontaneous helping behaviour towards humans in some domestic dogs, *Applied Animal Behaviour Science*, **224**, 104941 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104941>
2. Melis A. P. The evolutionary roots of prosociality: the case of instrumental helping, *Current Opinion in Psychology*, **20**, 82 (2018).
3. Hur Y.-M. Relationships between cognitive abilities and prosocial behavior are entirely explained by shared genetic influences: A Nigerian twin study, *Intelligence*, **82**, 101483 (2020) <https://doi.org/10.1016/j.intell.2020.101483>
4. Warneken F., Tomasello M. Helping and cooperation at 14 months of age, *Infancy*, **11**(3), 271 (2007).
5. Brownell C. A., Svetlova M., Nichols S. To share or not to share: when do toddlers respond to another's needs? *Infancy*, **14**(1), 117 (2009)
6. Grossmann T., Missana M., Vaish A. Helping, fast and slow: Exploring intuitive cooperation in early ontogeny, *Cognition*, **196**, 104144 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2019.104144>
7. Olson K. R., Spelke E. S. Foundations of cooperation in preschool children. *Cognition*, **108**, 222 (2008).
8. Hay D. F., Cook K. V. The transformation of prosocial behavior from infancy to childhood. In: Brownell C. A. and Kopp C. B. [eds.], *Socioemotional Development in the Toddler Years: Transitions and Transformations*, New York: Guilford Press, 100 (2007).
9. Olson J. G., McFerran B., Morales A. C., Dahl W. D. How income shapes moral judgments of prosocial behavior, *International Journal of Research in Marketing*, (2020). [Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2020.07.001>]

10. Rieccansky I., Paul N., Kölbl S., Stiger S., Lamm C. Beta oscillations reveal ethnicity ingroup bias in sensorimotor resonance to pain of others, *Soc Cogn Affect Neurosci*, **10**(7), 893 (2015). <https://doi.org/10.1093/scan/nsu139>
11. Knafo-Noam A., Vertsberger D., Israel S. Genetic and environmental contributions to children's prosocial behavior: brief review and new evidence from a reanalysis of experimental twin data, *Current Opinion in Psychology*, **20**, 60 (2018).
12. Van der Meulen M., Wierenga L. M., Achterberg M., Drenth N., Van Ijzendoorn M. H., Crone E. A. Genetic and environmental influences on structure of the social brain in childhood, *Developmental Cognitive Neuroscience*, **44**, 100782 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100782>
13. Assenza G., Di Lazzaro V. A useful electroencephalography (EEG) marker of brain plasticity: delta waves, *Neural Regen. Res*, **10**(8), 1216 (2015).
14. Braithwaite E. K., Jones E. J. H., Johnson M. H., Holmboe K. Dynamic modulation of frontal theta power predicts cognitive ability in infancy, *Developmental Cognitive Neuroscience*, **45**, 100818 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2020.100818>
15. Karakaş S. A. review of theta oscillation and its functional correlates, *International Journal of Psychophysiology*, (2020). [Available online: <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2020.04.008>]
16. Lega B. C., Jacobs J., Kahana M. Human hippocampal theta oscillations and the formation of episodic memories, *Hippocampus*, **22**(4), 748 (2012).
17. Belalov V. V., Bazanova O. M., Mikhailova A. A., Dyagileva Yu. O., Pavlenko V. B. EEG mu rhythm reactivity during speech perception in children aged from two to three years: influence of rearing conditions, *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti imeni I. P. Pavlova*, **70**(2), 193 (2020).
18. Paulus M., Kühn-Popp N., Licata M., Sodian B., Meinhardt J. Neural correlates of prosocial behavior in infancy: Different neurophysiological mechanisms support the emergence of helping and comforting, *NeuroImage Volume*, **66**(1), 522 (2013).
19. Diaghileva Y. O., Belalov V. V., Kilenkova A. A., Zaitseva A. P., Kiyk F. N., Pavlenko V. B. The relation of severity of helping behavior with the level of development and the parameters of child EEG, *Scientific notes of V.I. Vernadsky crimean federal university. Biology. Chemistry*, **6**(72), 30 (2013).
20. Nyström P., Ljunghammar T., Rosander K., Von Hofsten C. Using mu rhythm desynchronization to measure mirror neuron activity in infants, *Dev. Sci.*, **14**(2), 327 (2011).
21. Marshall P. J., Fox N. A. The Bucharest Early Intervention Project core group. A comparison of the electroencephalogram between institutionalized and community children in Romania, *J. Cognitive Neurosci.*, **16**(8), 1327 (2004).
22. Orekhova E. V., Stroganova T. A., Posikera I. N., Elam M. EEG theta rhythm in infants and preschool children, *Clin. Neurophysiol.*, **117**(5), 1047 (2006).
23. Bastiaansen M., Hagoort P. Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension, *Prog. Brain. Res.*, **159**, 179 (2006).

**УДК 159.9.072**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-127-137**

## **НЕЙРОМЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК С ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРКАПНИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ У ДЕТЕЙ С ДЕФИЦИТОМ ВНИМАНИЯ**

*Муллер Т. А., Шилов С. Н., Спиридонова М. С., Лисова Н. А.*

*ФГБОУ ВО КГПУ им. В. П. Астафьева, Красноярск, Россия  
E-mail: p1381@mail.ru*

Исследование посвящено проблеме коррекции синдрома дефицита внимания у детей. Обследовано 190 младших школьников г. Красноярск, с дефицитом внимания. Энергетическое состояние головного мозга исследовалось при помощи компьютерно-аппаратного комплекса НЭК-5. Коррекция дефицита внимания была реализована с помощью дыхательных тренировок с гипоксически-гиперкапническими нагрузками. Показано, что младшие школьники с дефицитом внимания отличаются от группы здоровых детей по уровню постоянных потенциалов коры головного мозга. Курс дыхательных тренировок с гипоксически-гиперкапническими нагрузками, в коррекционном комплексе, у детей с дефицитом внимания приводит к значимым положительным изменениям энергетического метаболизма, нормализует функциональное состояние корковых центров, создает условие для развития когнитивных функций.

**Ключевые слова:** дефицит внимания, головной мозг, уровень постоянных потенциалов, энергетический метаболизм, дыхательные тренировки с гипоксически-гиперкапническими нагрузками.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы помимо увеличения числа детей, имеющих те или иные отклонения в развитии, стало очевидным, что многие из них имеют системный характер, отражаясь на физическом, психическом и социальном статусе ребенка [1, 2]. К числу подобных нарушений, имеющих системный характер, можно отнести одну из самых распространенных дисфункций детского возраста – это синдром дефицита внимания (СДВ), который во многих странах, в том числе и России, регистрируется у 5–30 % школьников [3, 4].

По мнению большинства зарубежных и отечественных авторов, негативные явления, сопровождающие СДВ, могут быть обусловлены запаздыванием процессов созревания высших психических функций (ВПФ), вследствие нарушений деятельности лобных отделов, функциональной незрелостью коры головного мозга, возникающих у детей из-за воздействия различных факторов в пре- и постнатальный период. Это приводит к дезинтеграции процессов в головном мозге, несоответствию развития регуляторных механизмов возрастному уровню, слабой реактивности мозговых структур, недоразвитию ассоциативных нейронных связей [5–7].

Поскольку в основе оптимального функционального состояния головного мозга лежат корково-подкорковые взаимомодулирующие отношения, от активности которых зависит обмен питательными веществами, энергетическим субстратом и продуктами метаболизма между клетками головного мозга и сосудистым руслом, эффективность работы мозговых структур, участвующих в обеспечении внимания, может быть обусловлена нейрометаболическими процессами [8–12].

Нарушение оптимального функционального состояния, в созревающем головном мозге, создает неблагоприятные условия для эффективной учебной деятельности, часто приводят к нарушениям адаптации и социализации.

Несмотря на успехи, достигнутые при коррекции СДВ, важной продолжает оставаться проблема немедикаментозных технологий коррекции данного расстройства. В этой связи актуален поиск инновационных подходов и методов в рамках комплексного медико-психологического сопровождения таких детей [13, 14].

Перспективным направлением представляется использование методики гипоксически-гиперкапнических тренировок (ГГТ).

Цель исследования: исследование особенностей энергетического состояния и уровней активации коры головного мозга у младших школьников с дефицитом внимания и, коррекционные эффекты при гипоксически-гиперкапнических дыхательных тренировках.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании приняли участие 190 школьников в возрасте от 7 до 10 лет г. Красноярск, при добровольном информированном согласии родителей. На основании опросника SNAP-4 и неврологического обследования была выделена группа детей с дефицитом внимания (N=150) и группа детей с нормой развития (N=40). Критериями включения детей в основную группу с СДВ являлись:

- наличие 6 и более критериев невнимательности, 6 или более критериев гиперактивности и импульсивности согласно классификации DSM-IV; соответствие клинических проявлений диагностическим критериям СДВ (F-90 гиперкинетическое расстройство, МКБ-10);
- данная симптоматика проявляется в течение последних 6 месяцев;
- данная симптоматика появилась в возрасте до 7 лет;
- симптомы проявляются как в школе, так и дома (т.е. во всех сферах жизнедеятельности ребенка);
- данные симптомы значительно влияют на качество жизни и успеваемость ребенка, а также окружающих его людей;
- наличие перинатальных факторов риска в анамнезе.

Энергетическое состояние головного мозга исследовалось при помощи компьютерно-аппаратного комплекса «Нейроэнергокартограф НЭК-5» (Разработка Института Мозга РАМН, НПО «Нейроэнергетика» г. Москва), регистрирующего уровень постоянных потенциалов (УПП) на поверхности головы, генез которого связан с церебральным энергетическим метаболизмом и является индикатором уровня активации исследуемых областей головного мозга [15]. Уровень устойчивого постоянного потенциала регистрировался монополярно с



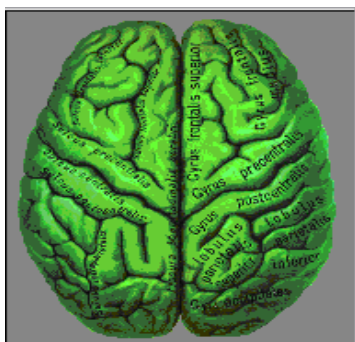
использованием 5 хлорсеребряных чашечковых электродов и одного референтного электрода. Референтный электрод располагался на запястье правой руки (у правой) или левой руки (у левой); активные электроды – вдоль сагиттальной линии в точках Fz, Cz, Oz, Td, Ts по международной системе «10-20». После фиксации электродов в течении 5 минут регистрировалось фоновое состояние, т.е. регистрировался уровень энергетического метаболизма коры головного мозга без какой либо нагрузки в спокойном расслабленном состоянии. Учитывались значения, полученные в конце 5 минуты. Регистрируемые параметры сравнивались с нормативными, среднестатистическими значениями определенного возрастного периода, которые встроены в программное обеспечение используемого комплекса. Обследование проводилось в первой половине дня с 9.00 до 13.00 в отдельном шумоизолированном помещении при комфортной температуре.

Дыхательные тренировки с гипоксически-гиперкапническими нагрузками были реализованы с помощью дыхательного аппарата «Карбоник» (разработка В. П. Куликов и соавт., 2008). Концентрация газов при дыхательных нагрузках составляла: CO<sub>2</sub> – около 5 %, O<sub>2</sub> – около 17 %. Продолжительности тренировок при этом была 20 минут. Длительность курса тренировок 28 дней, при ежедневных занятиях [16].

Для статистических методов обработки использовался пакет «Statistica» 6.0 версии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе нейроэнергетического метаболизма у детей с СДВ и нормой развития было выявлено достоверное различие в уровне постоянных потенциалов по отдельным областям головного мозга (табл. 1, рис. 1).



Дети без признаков дефицита внимания



Дети с признаками дефицита внимания

Рис. 1. Интегральная карта распределения УПП коры головного мозга у детей без дефицита внимания и с СДВ

Примечание: зеленым цветом обозначены области с нормальным нейроэнергометаболизмом, красный цвет указывает на повышение УПП относительно нормативных значений.

У детей 7–10 лет с нормой развития был зарегистрирован нормальный уровень энергетического обмена по всем головному мозгу. Основная характеристика распределения УПП в исследуемых областях головного мозга – это «куполообразность», регистрация максимальных значений в центральном отведении и снижением уровня постоянных потенциалов к периферии. Выявлено сохранение данного принципа в распределении устойчивого постоянного потенциала по отделам головного мозга у детей контрольной группы.

**Таблица 1**  
**Средние значения УПП (мВ) у детей с дефицитом внимания по сравнению с группой контроля**

показатели	Контрольная группа, n=40	Основная группа, n=150
Fz	9,8±1,21	20,7±1,88*
Cz	15,0±1,69	13,25±0,5
Oz	15,01±1,63	12,5±0,97
Td	14,2±2,64	20,2±1,25*
Ts	13,1±1,29	18,3±1,04*
Sum	70,1±2,28	84,95±2,5*
Хср	14,02±0,91	16,9±1,77*

*Примечание:* здесь и далее Fz-лобное отведение, Cz-центральное, Oz-затылочное, Td-правое височное, Ts-левое височное отведение, Хср – средний уровень нейрометаболизма по всем отведениям. \* – достоверность различий по критерию по критерию Стьюдента при  $p < 0,05$ .

У детей с дефицитом внимания зарегистрировано изменение уровней энергетического метаболизма в лобном, правом и левом височном отведении головного мозга. У детей с дефицитом внимания суммарный УПП был в среднем на 20 % выше, чем у детей контрольной группы и составила 14,85 мВ.

В среднем показатели УПП в группе детей с дефицитом внимания были неравномерно повышены, в среднем на 3,6 мВ в разных точках регистрации. Так, наибольшее повышение значений УПП головного мозга у детей было зарегистрировано в лобном отделе на 52,6 %, по отношению к их сверстникам без патологии. А в правой и левой височной области повышение УПП составило 29,7 % и 12,0 %, соответственно.

Известно, что интенсивность нейрометаболизма у детей имеет наибольшие показатели от 3 до 7 лет, значительно снижаясь к 8–9 годам [17]. У детей с СДВ этого не происходит, что может свидетельствовать о повышенном функциональном напряжении и замедлении созревания корковых отделов у данной категории младших школьников. Локальное повышение энергетического метаболизма, в первую очередь в лобных отделах и наличие межполушарной асимметрии УПП с преобладанием правого полушария в покое может говорить о напряжении механизмов регуляции и повышенных церебральных энергозатратах,

сопровождаящих неустойчивость психических процессов с преобладанием процесса возбуждения [18].

Корреляционный анализ уровня постоянных потенциалов выявил уменьшение в сравнении со сверстниками контрольной группы в 1,5 раза количества значимых корреляций между показателями, отражающими потенциалы в разных отделах головного мозга, отсутствие корреляционных связей лобных отделов с центральными и лево-височными отделами (табл. 2). Полученные данные также свидетельствуют о более жесткой и менее пластичной структуре взаимосвязей отделов головного мозга у детей с дефицитом внимания. Это согласуется с данными, полученными другими исследователями, также отмечающими уменьшение связей лобной доли и других отделов мозга, изменение межполушарного взаимодействия у детей с дефицитом внимания [19].

Таким образом, результаты проведенного корреляционного анализа позволяют говорить об относительно структурно-функциональной незрелости головного мозга младших школьников с дефицитом внимания по отношению к детям с нормой развития.

**Таблица 2**

**Матрица значимых коэффициентов корреляции между показателями УПП мозга у детей с нормой развития и дефицитом внимания**

Дети с нормой развития				
	Fz	Cz	Oz	Td
Cz	795			
Oz	737	697		
Td	539	820	747	
Ts	667	787	813	851
Дети с СДВ				
Cz	–			
Oz	554	628		
Td	440	603	762	
Ts	–	528	618	569

*Примечание:* Коэффициент корреляции Спирмена, критическое значение  $r=0,330$ . Целые значения чисел и запятые опущены.

После курса гипоксически-гиперкапнических тренировок выявлено изменение уровня постоянных потенциалов по всем областям у детей с признаками дефицита внимания (рис. 2).

У детей с дефицитом внимания после курса ГГТ по результатам нэйроэнергокартирования наблюдалась тенденция к «куполообразности» при распределении УПП и приближение показателей к нормативным для данного возраста, что говорит о нормальной метаболической активности коры головного мозга.

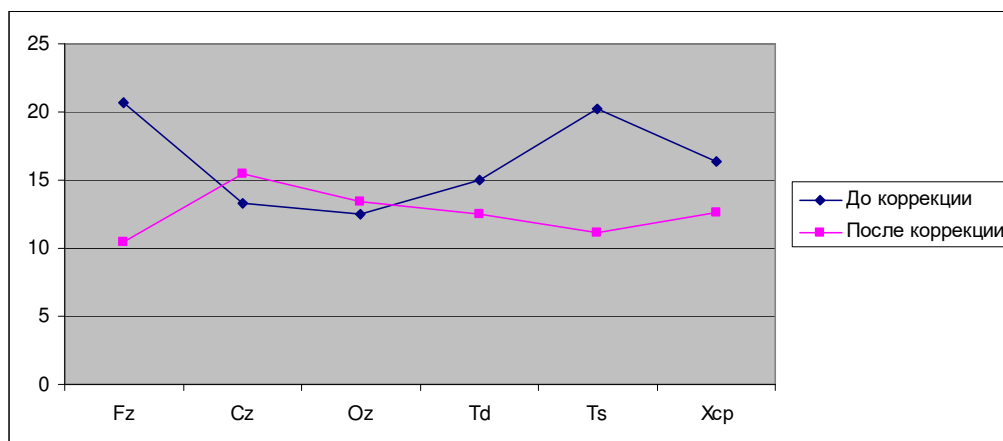


Рис. 2. Распределение УПП головного мозга у детей с дефицитом внимания до и после гипоксически-гиперкапнических тренировок.

Из таблицы 3 видно, что наиболее значимое изменение уровня постоянных потенциалов наблюдалось в лобной, центральной, и правой височной области ( $p < 0,05$ ).

**Таблица 3**  
Среднее значение измеренного УПП (мВ) у детей с дефицитом внимания до и после гипоксически-гиперкапнических тренировок

показатели	До тренировок (M±m)	После ГТТ (M±m)
Fz	20,7±1,88	10,5±1,08*
Cz	13,25±0,5	15,5±0,9*
Oz	12,5±0,97	13,4±0,87
Td	14,95±1,25	12,5±0,09*
Ts	20,2±1,31	11,8±0,11*
Sum	81,6±2,5	62,9±2,3*
Xcp	16,32±1,77	12,6±1,61*

В среднем показатели УПП были изменены на 4,84 мВ, хотя и неравномерно в разных точках регистрации. Так, наибольшее достоверное понижение значений постоянного потенциала головного мозга после применения дыхательных тренировок было зарегистрировано в лобном отделе на 49,3 %, в левой височной области на 41,5 % и в правом височном отделе коры головного мозга на 16,3 %. Повышение значений постоянного потенциала в центральном отделе на 15,5 %.

Известно, что изменение постоянных потенциалов при дыхательных нагрузках происходит, за счет сосудистого компонента. Вымывание кислых продуктов обмена веществ, происходящее при усилении кровоснабжения головного мозга, приводит к

снижению показателя УПП, что является благоприятным прогностическим признаком [20–22].

Следует отметить, что применение ГТТ, благотворно влияет на формирование ВПФ и двигательных функций. У таких детей после завершения курса по данным нейропсихологического тестирования и теста variability of attention TOVA наблюдались следующие изменения: улучшилась концентрация внимания, повысилась работоспособность, увеличился темп мышления и объем памяти.

Спустя один месяц после курса гипоксически-гиперкапнических тренировок у детей в данной группе отмечалось сохранение достигнутого эффекта по уровню постоянного потенциала коры головного мозга.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования установлено, что дети младшего школьного возраста с дефицитом внимания имеют отличия от детей с нормой развития в интенсивности энергетического метаболизма головного мозга: наблюдалось повышение УПП в лобном отделе в 2,5 раза, по сравнению с детьми без дефицита внимания. Подобные особенности, вероятно, могут объясняться несбалансированным отношениям регуляторных корково-подкорковых структур, формирующих устойчивое перевозбуждение в центральной нервной системе. Значительное повышение УПП в лобном отведении по сравнению с потенциалами в других точках регистрации говорит о включении механизмов анаэробного окисления в тканях мозга с возрастанием количества продуктов окисления, как результат функционального напряжения головного мозга, связанного с перевозбуждением фронтальной коры. Это согласуется с данными современных теорий происхождения и развития дефицита внимания, которые в качестве области анатомического дефекта при этой патологии рассматривают лобные доли [23–25].

Исследовано гипоксически-гиперкапническое воздействие на нейрометаболизм головного мозга у детей с дефицитом внимания. Выявлено, что у детей завершивших курс ГТТ, произошли положительные изменения в интенсивности нейроэнергообмена коры головного мозга: нормализация показателей УПП в лобных отделах коры головного мозга, формирование «куполообразности» при распределении УПП, что говорит о нормальной метаболической активности коры головного мозга в результате сочетанных эффектов гиперкапнии и гипоксии.

*Исследование выполнено при поддержке Красноярского краевого фонда науки в рамках реализации проекта: «Разработка и внедрение эффективной наукоёмкой высокотехнологичной методики коррекции когнитивных нарушений у детей-инвалидов».*

### Список литературы

1. Fayyad J. The descriptive epidemiology of DSM-IV Adult ADHD in the world Health Organization World Mental Health Surveys / Fayyad J., Sampson N. A. // *Atten Defic Hyperact Disord.* – 2016. – Vol. 19. – P.1–19.

2. Ziegler S. Modeling ADHD: A review of ADHD theories through their predictions for decision-making and reinforcement learning / Ziegler S., Pedersen L., Mowinckel A., Brele G. // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. – 2016. – Vol. 71. – P. 633–656.
3. Заваденко Н. Н. Синдром дефицита внимания и гиперактивности: новое в диагностике и лечении / Заваденко Н. Н. // *Вестник Северного (Арктического) Федерального Университета. Серия: Медико-биологические науки*. – 2017. – №1. – С. 31–39.
4. Shith T. Pre- and perinatal ischemia-hypoxia, the ischemia-hypoxia response pathway, and ADHD risk / Shith T., Schmidt-Kasther R., McGeary J., Kaczonowski J., Knopik V. // *Behavior Genetics*. – 2016. – Vol. 46, № 3. – P. 467–477.
5. Daley D. ADHD and academic performance: why does ADHD impact on academic performance and what can done to support ADHD children in the classroom / Daley D., Birchwood J. // *Child: Care, Health and Development*. – 2016. – Vol. 36, № 4. – P.455–464.
6. Klein M. Brain imaging genetics in ADHD and beyond-mapping pathways from gene to disorder at different levels of complexity / Klein M., Onhink M., Marjolein D. and other. // *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. – 2017. – P. 1–58.
7. Murray E. Are fetal growth impairment and preterm birth causally related to child attention problems and ADHD. Evidence from a comparison between high-income and middle-income cohorts / Murray E., Pearson R., Fernandes M., Santos I. S., Barros F. S. Victora C. G., Stein A., Matijasevich A. // *Journal Epidemiol Community Health*. – 2016. – Vol. 40, №7. – P. 704–709.
8. Ye. C. Two SNAP-25 genetic variants in the binding site of multiple microRNAs and susceptibility of ADHD: A meta-analysis / Ye. C., Hu. Z., Wu E., Yang X., Buford U., Guo Z., Saveany R. // *Journal of Psychiatric Research*. – 2016. – Vol. 81. – P. 56–62.
9. Илюхина В. А. Сверхмедленные информационно-управляющие системы в интеграции процессов жизнедеятельности головного мозга и организма / Илюхина В. А. // *Физиология человека*. – 2013. – Т. 39, №3. – С. 114–126.
10. Муллер Т. А. Особенности уровня активации лобной коры и нейрометаболизма головного мозга у детей 7–10 лет с СДВГ / Муллер Т. А., Шилов С. Н. // *Вестник Новосибирского государственного педагогического университета*. – 2017. – Т. 7, №5. – С. 193–202.
11. Ma I. The interaction between reinforcement and inhibitory control in ADHD: A review and research guidelines / Ma I., Duijvenvoorde A., Scheres A. // *Clinical Psychology Review*. – 2016. – Vol. 44. – P. 94–111.
12. Snyder M. Integration of an EEG biomarker with a clinicians ADHD evaluation / Snyder M., Rugino A., Horning M., Stein A. // *Brain and Behavior*. – 2015. – Vol. 5, № 4. – P. 100–115.
13. Фесенко Ю. А. Синдром дефицита внимания и гиперактивности: новое в инструментальной диагностике / Фесенко Ю. А. // *Врач*. – 2015. – № 9. – С. 29–31.
14. Colaner N. Physician practices to prevent ADHD stimulant diversion and misuse / Colaner N., Keim S., Adesman A. // *Journal of substance Abuse Treatment*. – 2017. – Vol. 74. – P. 26–34.
15. Фокин В. Ф. Влияние газотранспортной системы мозгового кровотока на медленную электрическую активность головного мозга у пациентов с дисциркуляторной энцефалопатией / Фокин В. Ф., Пономарева Р. Б., Медведев Р. Б., Танащян М. М. // *Клиническая неврология*. – 2017. – Т.11, № 4. – С. 29–35.
16. Чудимов В. Ф. Применение гипоксически-гиперкапнических тренировок у детей с синдромом дефицита внимания с гиперактивностью для коррекции проблем школьной дезадаптации / Чудимов В. Ф., Куликов В. П., Куропятник Н. И., Бойко Е. А. // *Вопросы курортологии и лечебной физкультуры*. – 2011. – №3. – С. 36–39.
17. Джос Ю. С. Особенности электроэнцефалограммы и распределения уровня постоянного потенциала головного мозга у детей-северян младшего школьного возраста / Джос Ю. С., Нехорошкова А. Н., Грибанов А. В. // *Экология человека*. – 2014. – № 12. – С. 15–20.
18. Грибанов А. В. Церебральный энергообмен как маркер адаптивных реакций человека в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации / Грибанов А. В., Аникина Н. Ю., Гудков А. Б. // *Экология человека*. – 2018. – № 8. – С. 32–40.
19. Грибанов А. В. Дефицит внимания с гиперактивностью у детей: результаты исследований на Севере России / Грибанов А. В. // *Вестник Северного (Арктического) Федерального Университета. Серия: «Естественные науки»*. – 2012. – № 1. – С. 58–64.

20. Брагин Л. Х. Функциональные возможности организма при различных соотношениях углекислого газа и кислорода / Брагин Л. Х., Гончарова Л. Г. // Физиология человека. – 2001. – Т.27, №1. – С. 102–105.
21. Куликов В. П. Сравнительная эффективность гипоксии, гиперкапнии и гиперкапнической гипоксии в увеличении резистентности организма к острой гипоксии в эксперименте / Куликов В. П., Трегуб П. П., Беспалов А. Ю. // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2013. – №3. – С. 59–62.
22. Куликов В. П. Гиперкапния-альтернативный гипоксии сигнальный стимул для повышения HIF-1 $\alpha$  и эритропоэтина в головном мозге / Куликов В. П., Трегуб П. П., Ковзелев П. Д. // Патологическая физиология и экспериментальная медицина. – 2015. – №3. – С. 34–37.
23. Чутко Л. С. Диагностика и лечение когнитивных нарушений при синдроме дефицита внимания у взрослых / Чутко Л. С. // Журнал неврологии и психиатрии. – 2017. – №5. – С. 9–13.
24. Husarova V. Prefrontal grey and white matter neurometabolite changes after atomoxetine and methylphenidate in children with attention deficit/ hyperactivity disorder: A 1H magnetic resonance spectroscopy / Husarova V., Bittsansky M., Ondreyka I., Dobrota D. // Psychiatry Research: Neuroimaging. – 2014. – Vol. 222. – P. 75–83.
25. Vilgis V. Global and local grey matter reductions in boys with ADHD combined and ADHD inattentive type / Vilgis V., Sun L., Chen J., Silk T., Vance A. // Psychiatry Research: Neuroimaging. – 2016. – Vol. 254. – P. 119–126.

## CORRECTIVE EFFECTS OF HYPoxic-HYPERCAPNIC RESPIRATORY TRAININGS IN CHILDREN WITH ATTENTION DEFICIENCY

*Muller T. A., Shilov S. N, Spiridonova M. S., Lisova N. A.*

*Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafiev, Krasnoyarsk, Russia  
E-mail: p1381@mail.ru*

The correction of this disorder is always complex and combines various approaches: methods of behavior modification, work with school teachers, psychological and neurophysiological correction methods, as well as drug treatment. The main tasks of correction are to reduce the severity of attention disorders, improve psychosocial adaptation and academic performance. One of the promising methods for correcting attention deficit in an integrated approach is breathing exercises with hypoxic-hypercapnic loads, although experience with their application is unique.

**Materials and methods.** A total of 190 schoolchildren from Krasnoyarsk with attention deficit were examined. The energy state of the brain was studied using the NEK-5 computer-hardware complex. Correction of attention deficit was realized with the help of breathing exercises with hypoxic-hypercapnic loads.

**Results.** The study showed that younger students with attention deficit differ from the group of healthy children in terms of constant potentials in the cerebral cortex. The course of respiratory training with hypoxic-hypercapnic loads, in the correctional complex, in children with attention deficit leads to significant positive changes in energy metabolism, normalizes the functional state of the cortical centers, creates the condition for the development of cognitive functions.

**Keywords:** attention deficit, brain, level of constant potentials, energy metabolism, respiratory training with hypoxic-hypercapnic loads.

### References

1. Fayyad J., Sampson N. A. The descriptive epidemiology of DSM-IV Adult ADHD in the world Health Organization World Mental Health Surveys. *Atten Defic Hyperact Disord*, **19**, 47, (2016)
2. Ziegler S., Pedersen L., Mowinckel A., Brele G. Modeling ADHD: A review of ADHD theories through their predictions for decision-making and reinforcement learning. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, **71**, 633, (2016).
3. Zavadenko N. N. Attention Deficit Hyperactivity Disorder: New in Diagnosis and Treatment, *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Biomedical Sciences*, (1), 31, (2017).
4. Shith T., Schmidt-Kastner R., McGeary J., Kaczonowski J., Knopik V. Pre- and perinatal ischemia-hypoxia, the ischemia-hypoxia response pathway, and ADHD risk, *Behavior Genetics*, **46** (3), 467, (2016).
5. Daley D., Birchwood J. ADHD and academic performance: why does ADHD impact on academic performance and what can be done to support ADHD children in the classroom, *Child: Care, Health and Development*, **36** (4), 455, (2016).
6. Klein M., Onhink M., Marjolein D. Brain imaging genetics in ADHD and beyond-mapping pathways from gene to disorder at different levels of complexity, *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, **80**, 115, (2017).
7. Murray E., Pearson R., Fernandes M., Santos I. S., Barros F. S., Victora C. G., Stein A., Matijasevich A. Are fetal growth impairment and preterm birth causally related to child attention problems and ADHD. Evidence from a comparison between high-income and middle-income cohorts, *Journal Epidemiol Community Health*, **40** (7), 704, (2016).
8. Ye. C., Hu. Z., Wu E., Yang X., Buford U., Guo Z., Saveany R. Two SNAP-25 genetic variants in the binding site of multiple microRNAs and susceptibility of ADHD: A meta-analysis, *Journal of Psychiatric Research*, **81**, 56, (2016).
9. Ilyukhina V. A. Super-slow information management systems in the integration of the vital processes of the brain and the body, *Human Physiology*, **39**(3), 114, (2013).
10. Muller T. A., Shilov S. N. Features of the level of activation of the frontal cortex and brain neurometabolism in children 7–10 years old with ADHD, *Bulletin of the Novosibirsk State Pedagogical University*, **7** (5), 193, (2017).
11. Ma I., Duijvenvoorde A., Scheres A. The interaction between reinforcement and inhibitory control in ADHD: A review and research guidelines, *Clinical Psychology Review*, **44**, 94, (2016).
12. Snyder M., Rugino A., Horning M., Stein A. Integration of an EEG biomarker with a clinician's ADHD evaluation, *Brain and Behavior*, **5** (4), 100, (2015).
13. Fesenko Yu. A. Attention deficit hyperactivity disorder: new in instrumental diagnostics, *Doctor*, (9), 29, (2015).
14. Colaner N., Keim S., Adesman A. Physician practices to prevent ADHD stimulant diversion and misuse, *Journal of substance Abuse Treatment*, **74**, 26, (2017).
15. Fokin V. F., Ponomareva R. B., Medvedev R. B., Tanashyan M. M. The effect of the gas transport system of cerebral blood flow on the slow electrical activity of the brain in patients with discirculatory encephalopathy, *Clinical Neurology*, **11** (4), 29, (2017).
16. Chudimov V. F., Kulikov V. P., Kuropyatnik N. I., Boyko E. A. The use of hypoxic-hypercapnic training in children with attention deficit hyperactivity disorder to correct problems of school maladaptation, *Problems of balneology and physiotherapy*, (3), 36, (2011).
17. Jos Yu. S., Nekhoroshkova A. N., Griбанov A. V. Features of the electroencephalogram and distribution of the level of permanent brain potential in children-northerners of primary school age, *Human ecology*, (12), 15, (2014).
18. Griбанov A. V., Anikina N. Yu., Gudkov A. B. Cerebral energy exchange as a marker of adaptive human reactions in natural and climatic conditions of the Arctic zone of the Russian Federation, *Human ecology*, (8), 32, (2018).



19. Griбанov A. V. attention Deficit hyperactivity in children: research results in the North of Russia, *Bulletin Of The Northern (Arctic) Federal University. Series: «Natural science»*, (1), 58, (2012).
20. Bragin L. Kh., Goncharova L. G. Functional capabilities of the body at different ratios of carbon dioxide and oxygen, *Human Physiology*, **27(1)**, 102, (2001).
21. Kulikov V. P., Tregub P. P., Bepalov A. Yu. The comparative effectiveness of hypoxia, hypercapnia and hypercapnic hypoxia in increasing the body's resistance to acute hypoxia in the experiment, *Pathological physiology and experimental therapy*, (3), 59, (2013).
22. Kulikov V. P., Tregub P. P., Kovzelev P. D. Hypercapnia, an alternative hypoxia signaling stimulus for increasing HIF-1a and erythropoietin in the brain, *Pathological physiology and experimental medicine*, (3), 34, (2015).
23. Chutko L. S. Diagnostics and treatment of cognitive disorders in adult attention deficit disorder, *Journal of neurology and psychiatry*, (5), 9, (2017).
24. Husarova V., Bittsansky M., Ondreyka I., Dobrota D. Prefrontal grey and white matter neurometabolite changes after atomoxetine and methylphenidate in children with attention deficit/ hyperactivity disorder: A 1H magnetic resonance spectroscopy, *Psychiatry Research: Neuroimaging*, **222**, 75, (2014).
25. Vilgis V., Sun L., Chen J., Silk T., Vance A. Global and local grey matter reductions in boys with ADHD combined and ADHD inattentive type, *Psychiatry Research: Neuroimaging*, **254**, 119, (2016).

**УДК 612.886:796.856.2**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-138-145**

## **СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗАДАННОЙ ПОЗЫ У ЮНЫХ ЕДИНОБОРЦЕВ НА ЭТАПЕ НАЧАЛЬНОЙ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ**

*Нагаева Е. И., Бирюкова Е. А., Ярмолюк Н. С., Мишин Н. П., Сеидосманова Э. Э.,  
Деркач В. В., Передков С. С.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Крым, Россия  
E-mail: enagaeva75@mail.ru*

В статье представлены результаты стабилметрического исследования системы контроля заданной позы у детей младшего школьного возраста, занимающихся различными видами единоборств на этапе начальной спортивной подготовки. Показано, что спортсмены, занимающиеся карате, обладают максимально экономичными механизмами поддержания заданной позы по сравнению со спортсменами других групп, а также обследуемыми не занимающимся спортом.

**Ключевые слова:** стабилметрия, постуральный контроль, равновесие, проба Ромберга, младший школьный возраст.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Современные исследования доказали существование взаимосвязи между постуральным контролем и спортивными результатами у здоровых людей, которые регулярно занимаются физической или спортивной деятельностью [1, 2]. В рандомизированных исследованиях на спортсменах показана положительная взаимосвязь между спортивной результативностью и контролем заданной позы [3]. Некоторые авторы отмечают что, регулярные упражнения на равновесие значительно улучшают постуральный баланс [4–6] в соответствии с отношением доза-реакция [5].

Вместе с тем, описание взаимосвязи между физической активностью и постуральным балансом в основном касается взрослых спортсменов, в то время как экспериментальных работ по изучению системы контроля заданной позы у детей младшего школьного возраста, в том числе спортсменов на сегодняшний день недостаточно.

На наш взгляд, детальное изучение системы контроля заданной позы у детей младшего школьного возраста, в том числе спортсменов-единоборцев позволяет провести оценку развития их координационных способностей [7] и может быть использовано в дальнейшем в качестве прогностического критерия соревновательной успешности этих спортсменов.

В связи с этим, целью настоящего исследования явилось изучение системы контроля заданной позы у юных единоборцев на этапе начальной спортивной подготовки с помощью метода компьютерной стабилометрии.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования проводились на базе МБОУ СОШ № 2 г. Симферополя, Спортивного клуба «Кедр», а также клуба тайского бокса СК «Альтида» г. Симферополя. В исследованиях принимало участие 47 мальчиков в возрасте  $10 \pm 0,9$  лет. Волонтеров делили на 4 группы: контрольная группа состояла из 11 детей младшего школьного возраста, не занимающихся спортом, первая группа – 13 мальчиков, занимающихся каратэ, вторую группу составили тайбоксеры (13 человек) и третья группа состояла из 10 мальчиков, занимающихся тхэквондо на этапах начальной подготовки 2-го года обучения.

Исследования проходили с использованием стабилометрической платформы ST-150 с помощью программного обеспечения STPL (ООО Мера-ТСП, г. Москва). Электронное стабилометрическое устройство ST-150 (ТУ 9441-005-49290937-2009) имеет метрологическую аттестацию (Свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.28.004.A № 41201) и внесено в государственный реестр средств измерений. В ходе исследования в пробе Ромберга регистрировалась длина статокинезиограммы (L, мм), площадь статокинезиограммы (S, мм<sup>2</sup>), работа по перемещению общего центра давления (ОЦД) в плоскости опоры (A, Дж) с открытыми и закрытыми глазами.

Для математической обработки фактического материала использовался пакет программ STATISTICA 5.0. Для анализа полученных данных применялись стандартные методы вариационной статистики: мерами центральных тенденций, иллюстрирующими выраженность исследуемых признаков, выступали значения среднего и стандартной ошибки среднего. Нормальность распределения данных определялась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Для выявления межгрупповых различий применяли критерий Стьюдента для независимых выборок.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В результате проведенного исследования были зарегистрированы различия исследуемых стабилометрических показателей между детьми, не занимающимися спортом, а также спортсменами младшего школьного возраста, занимающихся каратэ, тайским боксом и тхэквондо (табл. 1).

Результаты настоящего исследования свидетельствуют, что в пробе Ромберга у спортсменов первой и второй групп были зарегистрированы самые низкие значения как площади, так и длины статокинезиограммы, а также работы по перемещению ОЦД в плоскости опоры (табл. 1).

Так, с открытыми глазами в группе детей, занимающихся каратэ значения показателей длины статокинезиограммы были на 26,07 % ( $p < 0,05$ ), площади на 64,82 % ( $p < 0,05$ ), работы по перемещению ОЦД в плоскости опоры – на 29,29 % ( $p < 0,05$ ) ниже, чем у детей контрольной группы. С закрытыми глазами достоверно

отличался показатель площади статокинезиограммы, он был ниже контрольных значений на 49,92 % ( $p < 0,05$ ).

**Таблица 1**  
**Показатели стабиллограммы в пробе Ромберга в группах детей младшего школьного возраста, не занимающихся спортом (контроль), а также в группах спортсменов, занимающихся спортивными единоборствами (1-3 группа)**

Показатель $X \pm Sx$	группа			
	Контроль	1 каратэ	2 тайский бокс	3 тхэквондо
Глаза открыты				
Длина статокинезиограммы (L, мм)	336,98±21,56	249,13±12,54 $p=0,0031^*$	264,53±11,23 $p=0,0154^*$	313,97±7,78 $p=0,6539$
Площадь статокинезиограммы (S, мм <sup>2</sup> )	234,75±43,41	82,57±9,72 $p=0,0038^*$	162,52±18,89 $p=0,2766$	246,26±37,81 $p=0,8094$
Работа по перемещению ОЦД в плоскости опоры (А, Дж)	2,56±0,18	1,81±0,14 $p=0,0072^*$	1,69±0,10 $p=0,0007^*$	2,26±0,17 $p=0,2816$
Глаза закрыты				
Длина статокинезиограммы (L, мм)	423,94±26,67	358,38±12,60 $p=0,0629$	365,84±22,79 $p=0,1338$	441,26±41,70 $p=0,9176$
Площадь статокинезиограммы (S, мм <sup>2</sup> )	282,22±49,32	141,31±16,26 $p=0,0088^*$	231,34±36,13 $p=0,6905$	319,35±48,54 $p=0,6539$
Работа по перемещению ОЦД в плоскости опоры (А, Дж)	3,98±0,36	3,37±0,19 $p=0,2517$	2,81±0,25 $p=0,0154^*$	4,45±0,83 $p=0,8094$

*Примечание:* p – достоверность различий по критерию Вилкоксона относительно контрольной группы детей; \* –  $p < 0,05$ .

Сходные различия были зарегистрированы для юных спортсменов, занимающихся тайским боксом. У них в пробе Ромберга с открытыми глазами оказались ниже, чем у детей контрольной группы: длина статокинезиограммы на 21,49 % ( $p < 0,05$ ), площадь статокинезиограммы на 30,76 % ( $p > 0,05$ ), показатель работы по перемещению ОЦД – на 33,99 % ( $p < 0,05$ ). С закрытыми глазами

достоверно отличался от контрольных значений показатель работы по перемещению ОЦД в плоскости опоры на 29,39 % ( $p < 0,05$ ).

Отметим, что в группе детей, занимающихся тхэквондо (3 группа), не выявлено достоверных различий по сравнению с показателями статокинезиограммы, зарегистрированными у детей контрольной группы (табл. 1, рис. 1).

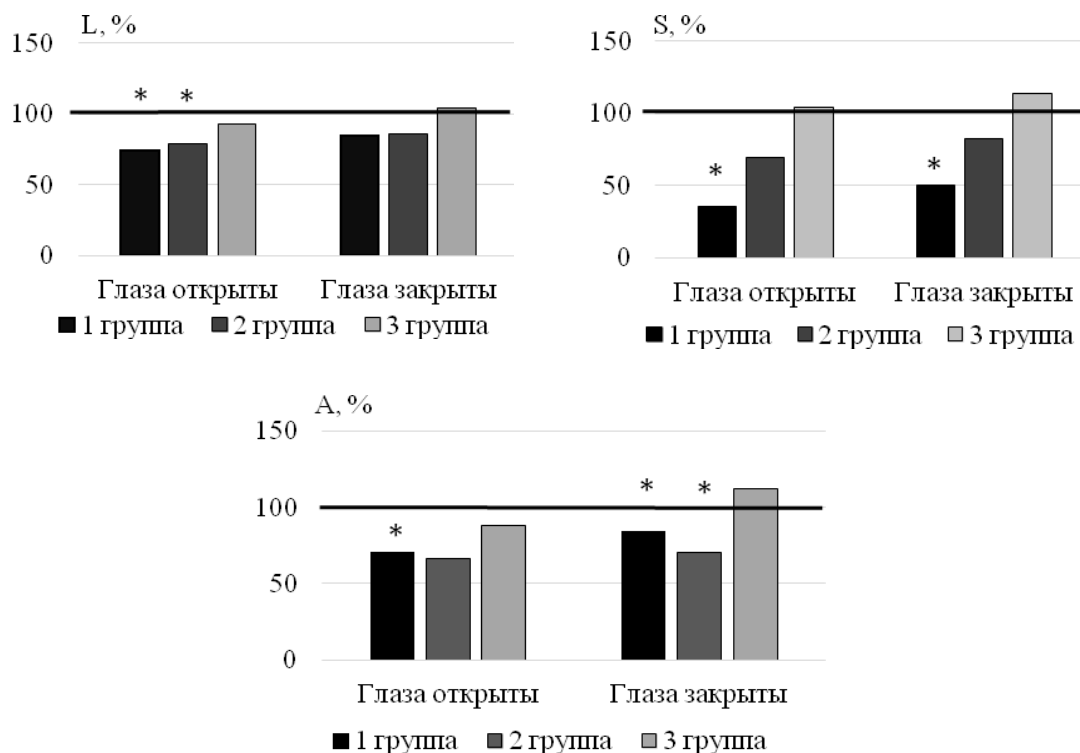


Рис. 1. Показатели стабилотриграммы в пробе Ромберга в группах детей, занимающихся спортивными единоборствами (1–3 группа), в % по отношению к значениям изученных показателей в группе детей не занимающихся спортом, принятым за 100 %.

Примечание: \* – достоверность различий по критерию Вилкоксона  $p < 0,05$ .

Анализ результатов стабилотриметрического исследования показал, что наименьшие значения всех изученных показателей статокинезиограммы были зарегистрированы в 1 группе юных спортсменов, занимающихся каратэ (рис. 1). Известно, что значения длины и площади статокинезиограммы отражают изменения общего пути, а также траектории центра давления во фронтальной и сагиттальной плоскостях, в то время как показатель работы, по перемещению центра давления характеризует общие энергозатраты, которые совершает ОЦД в плоскости опоры [8,

9]. Полученные нами результаты свидетельствуют о более экономичном типе энергозатрат на поддержание равновесия в различных фазах пробы Ромберга, как с открытыми, так и закрытыми глазами у испытуемых спортсменов 1 и 2 группы, в то время как у испытуемых, занимающихся тхэквондо, значения этих показателей в целом не отличались от контрольных значений.

Такие изменения системы контроля заданной позы у обследуемых детей, занимающихся единоборствами могут быть объяснены тем, что с повышением уровня спортивного мастерства в этих группах совершенствуются механизмы проприорецепторного и сенсорного контроля заданной позы в основной стойке, что свидетельствует о высокой эффективности спортивных тренировочных программ в системе подготовки спортсменов, занимающихся каратэ и тайским боксом.

При обучении детей каратэ на начальном этапе подготовки, особое внимание уделяется развитию координационных способностей. В каратэ совершенствование работы различных анализаторов осуществляется подготовительными (общеразвивающими и специальными) упражнениями. Особое внимание при этом уделяется тренировке проприоцептивной чувствительности, точности регистрации положений и движений различных частей тела, чувству равновесия и др. Для этого применяют упражнения на равновесие, акробатические упражнения (кувырки, перевороты, сальто и др.). При выполнении упражнений с закрытыми или завязанными глазами усиливается деятельность вестибулярного и проприоцептивного анализаторов путем выключения зрительного анализатора.

Координация тайбоксера развивается имитационными упражнениями: элементарными и произвольными (бой с тенью), в основе которых лежат элементы техники передвижений, ударов и защит.

В тхэквондо на этапе начальной подготовки приоритет в развитии физических качеств отдается скоростным и скоростно-силовым качествам, а также гибкости. Именно особенностями тренировки и объясняются наименьшие показатели статодинамической устойчивости у детей младшего школьного возраста, занимающихся тхэквондо, по сравнению с другими группами единоборцев.

Результаты проведенного исследования согласуются с экспериментами [10], в которых показано, что даже спортивные тренировки, включающие менее резкие ускорения и торможения головы, чем акробатические виды спорта, такие как тхэквондо и другие единоборства, включающие в себя удары в прыжках и удары с вращением, скорее всего, будут стимулировать сенсорные рецепторы вестибулярной системы и облегчать интеграцию постуральной информации. Характер и величина вестибулоокулярной и визуально-глазной адаптации могут зависеть как от спорта, так и от моторных навыков, разработанных в каждом виде спорта [11, 12]. В целом, вестибулярные адаптации способствуют предоставлению релевантной информации, связанной с движением, и таким образом совершенствуют способности, позволяющие контролировать равновесие.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. При исследовании основных стабилметрических характеристик в пробе Ромберга с открытыми глазами у обследуемых детей, занимающихся карате

были зарегистрированы наименьшие значения длины статокинезиограммы на 26,07 % ( $p < 0,05$ ), площади на 64,82 % ( $p < 0,05$ ), показателя работы по перемещению ОЦД – на 29,29 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что в спортсмены, занимающиеся карате, обладают максимально экономичными механизмами поддержания заданной позы по сравнению со спортсменами других групп, а также обследуемыми не занимающимся спортом. Такие изменения в системе поддержания заданной позы связаны с тем, что на раннем этапе тренировочного процесса в карате особое внимание уделяется развитию координационных способностей, совершенствованию проприоцептивной чувствительности, точности регистрации положений.

2. У детей занимающихся тайским боксом исследуемые стабилметрические показатели также были ниже, чем у детей контрольной группы: длина статокинезиограммы на 21,49 % ( $p < 0,05$ ), площадь на 30,76 % ( $p > 0,05$ ), показатель работы по перемещению ОЦД – на 33,99 % ( $p < 0,05$ ). Вероятно, такие изменения связаны с развитием координации тайбоксеров имитационными упражнениями: элементарными и произвольными (бой с тенью), в основе которых лежат элементы техники передвижений, ударов и защит.
3. У юных спортсменов, занимающихся тхеквондо, не было зарегистрировано достоверных различий в показателях компьютерной стабилметрии, по сравнению с испытуемыми контрольной группы, что, вероятно может быть обусловлено особенностями их спортивной подготовки, в частности приоритетом в развитии скоростных их скоростно-силовых качеств над контролем статодинамической устойчивости на раннем этапе тренировочного процесса.

*Исследование выполнено в рамках поддержанного ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» гранта № АААА-А20-120012090163-1.*

#### Список литературы

1. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. / Hrysomallis C. // Sports Med. – 2011. – 41. – P. 221–232.
2. Kiers H. A systematic review of the relationship between physical activities in sports or daily life and postural sway in upright stance. / Kiers H., van Dieën J., Dekkers H., Wittink H., Vanhees L. // Sports Med. – 2013. – 43. – С. 1171–1189.
3. Paillard T. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. / Paillard T. // Neuroscience and biobehavioral reviews – 2017. – Vol. 72. – P. 129–152.
4. Behm D. G. Effects of strength training using unstable surfaces on strength, power and balance performance across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. / Behm D. G., Muehlbauer T., Kibele A., Granacher U. // Sports Med. – 2015. – 45. – P. 1645–1669.
5. Lesinski M. Dose-response relationships of balance training in healthy young adults: a systematic review and meta-analysis. / Lesinski M., Hortobagyi T., Muehlbauer T., Gollhofer A., Granacher U. // Sports Med. – 2015a. – 45. – P. 557–576.
6. Kummel J. Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. / Kummel J., Kramer A., Giboin L. S., Gruber M. // Sports Med. – 2016. – 46(9). – P. 1261–1271.

7. Нагаева Е. И. Развитие специализированных навыков координации балансирующих движений у детей младшего школьного возраста / Е. И. Нагаева, Е. А. Бирюкова, С. В. Черный, В. В. Власова, Т. В. Кускевич // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2018. – Т. 4 (70), № 2. – С. 123–132.
8. Шулика Ю. А. Тхэквондо. Теория и методика. Том 1. Спортивное единоборство: Учебник для СДЮШОР / Ю. А. Шулика, Е. Ю. Ключников. – М: Феникс, 2007. – 800 с.
9. Гроховский С. С. Метод интегральной оценки эффективности регуляции позы человека. / Гроховский С. С., Кубряк О.В. // Медицинская техника. – 2018. – № 2. – С. 49–52.
10. Fong S. Taekwondo training improves sensory organization and balance control in children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. / Fong S., Tsang W., Ng G. // Res. Dev. Disab. – 2012b. – 33. – P. 85–95.
11. Alpini D. Figure ice skating induces vestibulo-ocular adaptation specific to required athletic skills. / Alpini D., Botta M., Mattei V., Tornese D. // Sport Sci. Health – 2009. – 5. – P. 129–134.
12. Alpini D. Vestibular adaptation in ice skaters depends on discipline rather than age: some considerations about navigation control. / Alpini D., Botta M., Mattei V., Tornese D. // Sport Sci. Health – 2012. – 7. – P. 99–103.

### **DEVELOPING THE ABILITY TO MAINTAIN BALANCE IN MARTIAL ARTISTS AT THE STAGE OF INITIAL SPORTS TRAINING**

***Nagaeva E. I., Biryukova E. A., Yarmolyuk N. S., Mishin N. P., Seidosmanova E. E.,  
Derkach V. V., Peredkov S. S.***

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation  
E-mail: enagaeva75@mail.ru*

Modern research has proven the relationship between postural control and performance in healthy individuals who regularly engage in physical or athletic activity. Randomized studies on athletes have shown a positive relationship between performance and posture control. Some authors note that regular balance exercises significantly improve postural balance according to the dose-response ratio.

At the same time, the description of the relationship between physical activity and postural balance mainly concerns adult athletes, while experimental work on the system of given posture control in primary school-age children, including athletes, is currently insufficient.

In our opinion, a detailed study of the system of control of a given posture in children of primary school age, including sportsmen-wrestlers, allows us to evaluate the development of their coordination abilities and can be used later as a predictive criterion of competitive success of these sportsmen.

In this connection, the purpose of this study was to study the system of control of a given position in young martial arts at the stage of initial sports training by means of computer stabilometry.

In a study of the main stabilizing characteristics in the Romberg sample with open eyes, the examined children engaged in karate registered the smallest values of statokinesiograms length by 26.07 % ( $p < 0.05$ ), area by 64.82 % ( $p < 0.05$ ), and the index of work on ODC movement – by 29.29 % ( $p < 0.05$ ) compared to the control. The data received by us testifies to the fact that the sportsmen who are engaged in karate have the



most economical mechanisms to maintain the given posture in comparison with the sportsmen of other groups, as well as those who are not engaged in sports. Such changes in the system of maintaining a given position are due to the fact that at an early stage of the training process in karate, special attention is paid to the development of coordination abilities, improvement of proprioceptive sensitivity and accuracy of position registration.

Children engaged in Thai boxing also had lower stability scores than children in the control group: statokinesiogram length by 21.49 % ( $p < 0.05$ ), area by 30.76 % ( $p > 0.05$ ), and ODC movement score by 33.99 % ( $p < 0.05$ ). Probably, such changes are connected with the development of coordination of tayboxers by imitation exercises: elementary and arbitrary (shadow fighting), which are based on the elements of movement, impact and defense techniques.

Young athletes engaged in taekwondo did not have reliable differences in computer stabilometry indices in comparison with the test subjects of the control group, which, probably, may be due to the peculiarities of their sports training, in particular, the priority in the development of their speed-force qualities over the control of static stability at the early stage of the training process.

**Keywords:** stabilometry, postural stability, static equilibrium, Romberg test, primary school age.

### References

1. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance, *Sports Med.*, **41**, 221 (2011).
2. Kiers H., van Dieën J., Dekkers H., Wittink H., Vanhees L. A systematic review of the relationship between physical activities in sports or daily life and postural sway in upright stance, *Sports Med.*, **43**, 1171 (2013).
3. Paillard T. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience, *Neuroscience and biobehavioral reviews*, **72**, 129 (2017),
4. Behm D. G., Muehlbauer T., Kibele A., Granacher U. Effects of strength training using unstable surfaces on strength, power and balance performance across the lifespan: a systematic review and meta-analysis, *Sports Med.*, **45**, 1645 (2015).
5. Lesinski M., Hortobagyi T., Muehlbauer T., Gollhofer A., Granacher U. Dose-response relationships of balance training in healthy young adults: a systematic review and meta-analysis, *Sports Med.*, **45**, 557 (2015a).
6. Kummel J., Kramer A., Giboin L. S., Gruber M. Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis, *Sports Med.*, **46(9)**, 1261 (2016).
7. Nagaeva E. I., Biryukova E. A., Cherny S. V., Vlasova V. V., Kuskevich T. V. Development of specialized skills of balancing movements coordination in children of primary school age, *Scientists of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **4(70), 2**, 123 (2018).
8. Shulika Y. A., Klyuchnikov E. Yu. *Taekwondo. Theory and Methodology. Volume 1. Sports martial arts: Textbook for Children's and Youth Sports School of Olympic Reserve*, 800 s. (M: Phoenix, 2007).
9. Grokhovsky S. S., Kubryak O. V. Method of integral evaluation of efficiency of regulation of human posture, *Medical equipment*, **2**, 49. (2018).
10. Fong S., Tsang W., Ng G. Taekwondo training improves sensory organization and balance control in children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. *Res. Dev. Disab.*, **33**, 85 (2012b).
11. Alpini D., Botta M., Mattei V., Tornese D. Figure ice skating induces vestibulo-ocular adaptation specific to required athletic skills, *Sport Sci. Health*, **5**, 129 (2009).
12. Alpini D., Botta M., Mattei V., Tornese D. Vestibular adaptation in ice skaters depends on discipline rather than age: some considerations about navigation control, *Sport Sci. Health*, **7**, 99 (2012).

**УДК 612.825; 616:613.6**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-146-162**

## **НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВОСПРИЯТИЯ РЕЧИ И ИХ ОСОБЕННОСТИ У ДЕТЕЙ В НОРМЕ И ПРИ НАРУШЕНИЯХ РАЗВИТИЯ**

***Начарова М. А., Михайлова А. А., Говорун Я. Ю., Португальская А. А.,  
Павленко В. Б.***

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: alikina93@gmail.com*

Нейрональная синхронизация, отражающаяся в паттерне реакций ЭЭГ, представляет собой механизм, с помощью которого мозг объединяет различные типы информации, содержащиеся в речевом сообщении и представленные в разных областях мозга (например, фонологическую, орфографическую, семантическую и синтаксическую информацию). В настоящее время становится очевидным, что путем анализа изменений мощности ритмов ЭЭГ в сочетании с предъявлением широкого набора задач на понимание речевых высказываний можно выявить механизмы функционирования языковой сети мозга. Чем выше реактивность ритмов ЭЭГ во время восприятия речи, тем лучше развиты у детей речевые навыки. В условиях относительного покоя для ЭЭГ детей с высоким уровнем развития речи характерен умеренный уровень мощности тета- и бета-ритмов и высокий – альфа- и мю-ритмов ЭЭГ. Выявленные закономерности позволяют наметить способы коррекции речевого развития детей с помощью методики биологической обратной связи по ЭЭГ.

**Ключевые слова:** электроэнцефалограмма, речь, ритмы ЭЭГ, «зеркальные» нейроны, возрастные особенности восприятия речи.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Один из основателей отечественной психолингвистики Л. С. Выготский утверждал, что мышление ребенка развивается в зависимости от овладения социальными средствами мышления, т. е. в зависимости от речи [1]. В настоящее время признается, что развитие речевой сферы является важнейшим фактором, определяющим когнитивное и социальное развитие ребенка. Оценка речевого развития – наиболее диагностически значимый инструмент для определения неврологического статуса и психического развития ребенка. Исходя из тесной связи между развитием речи и мышления, размер активного словаря ребенка, т.е. количество слов, которое он понимает и произносит, расценивают как непрямой показатель уровня его вербального интеллекта [2]. Нарушение процессов восприятия, понимания и продуцирования речи у детей приводит к задержкам психического развития ребенка. Понимание нейрофизиологических механизмов организации речевой деятельности в целом и их особенностей у детей является

необходимым условием разработки и применения адекватных методов диагностики и коррекции нарушений речевого развития.

Для оценки функционального состояния головного мозга широкое распространение получило использование электроэнцефалографии. С использованием данного метода рядом авторов проведено значительное количество исследований процессов речевого восприятия, однако их результаты зачастую противоречивы, а объективное сопоставление зачастую представляет значительные трудности. В связи с этим, целью данной работы явился краткий обзор публикаций, посвященных анализу динамики биологической активности головного мозга при восприятии речи и ее особенностям у детей. Поиск по ключевым словам был проведен с использованием баз научной литературы Pubmed.com, ScienceDirect.com, eLIBRARY.ru.

### **1. МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ВОСПРИЯТИЯ РЕЧИ У ДЕТЕЙ**

Широко применяемым методом анализа нейрофизиологических механизмов становления речи являются регистрация и интерпретация динамики ритмов осцилляторной активности мозга, регистрируемой в виде электро- и магнитоэнцефалограмм (ЭЭГ и МЭГ) [3–6], а также компонентов, связанных с событием вызванных ЭЭГ-потенциалов [7–9].

Изучение особенностей вызванных потенциалов в ответ на предъявление звуковых тонов или сочетаний слогов у детей весьма информативно, т.к. обеспечивает раннюю диагностику речевого развития и позволяет предсказать успешность будущего освоения речи ребенком [10, 11]. Однако для регистрации таких потенциалов путем усреднения отрезков ЭЭГ требуется многократное предъявление одних и тех же, по возможности, кратких стимулов. В связи с этим, при изучении восприятия и степени понимания целостных сообщений, состоящих из одного или нескольких предложений, более информативным является анализ текущей ЭЭГ или МЭГ. Восприятие таких сигналов отражается в изменении амплитуд ритмов ЭЭГ и МЭГ у взрослых [12–16], а также ритмов ЭЭГ у детей [4–6, 17].

Одним из приемов для изучения нейрофизиологических особенностей восприятия речи на основе анализа паттерна ЭЭГ является методика, описанная в исследовании С. Krause с соавторами [12]. Взрослым испытуемым предъявляли два вида стимулов, один из которых представлял собой нативную (естественную) запись речи, а другой – такую же запись, но воспроизведенную в реверсном режиме (задом наперед). Таким образом, второй стимул представлял собой речеподобный сигнал, лишенный семантического содержания. Прослушивание нативной речи, в отличие от реверсированной, вызывало значимую супрессию мощности альфа-ритма (8–12 Гц) испытуемых. Авторы указанного исследования расценили такую реакцию как отражение когнитивных усилий необходимых для понимания и запоминания текста. Таким образом, применение приема, включающего сравнение изменений ЭЭГ в ответ на нативную и реверсированную речь, позволяет оценить особенности

активации ЦНС испытуемых в ответ на осмысленные сообщения, доступные для их понимания.

Новым интересным методом, позволяющим оценить степень вовлеченности когнитивных ресурсов в переработку речевой информации, является также измерение размера зрачка с помощью ай-трекера. Чем больше требуется когнитивных ресурсов для понимания предложения, тем шире зрачок, что указывает на дополнительную активацию норадренергической системы мозга [18].

## **2. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОЗГОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ВОСПРИЯТИЯ РЕЧИ**

Предложения несут как синтаксическую (роль слов в предложении и их порядок), так и семантическую (смысловую) составляющую. Для восприятия и осознания смысла предложения необходима одновременная обработка речевого сигнала, как на уровне фонем, так и на уровне отдельных слов, а также уточнение значения этих слов в их взаимодействии и в соответствии с занимаемым местом в предложении [19]. За данные процессы отвечает языковая нейронная сеть – обширные регионы коры, включая ассоциативные, моторные и сенсомоторные области обоих полушарий, в том числе область Вернике и центр Брока [20]. Показано, что языковые задачи высокого уровня, такие как понимание смысла предложений, активируют доминантное (левое) полушарие, тогда как более низкоуровневые языковые задачи (например, орфографический анализ и анализ звучания слов), а также связанные с обработкой речи процессы внимания и памяти задействуют двусторонние лобно-теменные области [13]. В настоящее время принято считать [21], что ключевую роль в процессах понимания речи играют нейронные схемы или контуры (action perception circuit – «контуры восприятия-действия»), окружающие сильвиеву борозду левого полушария. Состоят контуры из нервных клеток, способных обеспечивать как восприятие речевых сигналов, так и их генерацию. Такие контуры перисильвиевой коры в процессе речевой деятельности обмениваются сигналами, распространяющимися как во фронтальном, так и в темпоральном направлении через двусторонние связи разной длины, входящие в аркуатный пучок. Важнейшей подгруппой нейронов, входящих в «контуры восприятия-действия», являются зеркальные нейроны. М. Arbib выдвинул гипотезу о том, что появление системы зеркальных нейронов в процессе эволюции могло быть ключевым механизмом, обеспечивающим появление речи у человека [22].

Для понимания предложения запускается две группы взаимосвязанных когнитивных операций: поиск в памяти фонологических, синтаксических и семантических свойств слов (1); интеграция информации об отдельных словах в общее представление многословного высказывания (2) [23, 24]. Обработка фонологических и лингвистических (семантических и синтаксических) компонентов сигнала при восприятии предложений отражаются в изменении различных ритмов ЭЭГ. При чтении визуально предъявленных текстов стадия поиска слов у взрослых испытуемых сопровождается усилением мощности тета-ритма, особенно в левой

височной области. Одновременно наблюдается снижение амплитуды альфа-ритма в лобно-теменных и височных областях, отражающее активацию внимания и семантические операции [25, 13]. Стадия интеграции визуально предъявленных слов в предложение сопровождается ростом тета-, и бета-ритмов. Однако если предъявленные предложения содержат грамматические и логические ошибки, растет мощность только тета-ритма, а бета-ритма – снижается [26].

При слуховом восприятии вербальных стимулов у взрослых испытуемых регистрируется увеличение мощности тета-ритма [25–29]. Изменения мощности данного ритма М. Bastiaansen и соавторы связывают с двумя группами когнитивных операций при восприятии речи: поиске в ресурсах памяти фонологических, синтаксических и семантических свойств воспринимаемых слов, а также интеграции слов в целостное сообщение.

Слуховое восприятие речи сопровождается десинхронизацией альфа-ритма в височных и лобно-центральных отделах неокортекса [16]. Отдельные авторы связывают выраженную супрессию альфа-ритма в височных областях левого полушария с точностью распознавания цифр в шуме и степенью понимания речевого сообщения [30].

В некоторых работах отмечается синхронизация сенсомоторного альфа-ритма (мю-ритма) до и во время начала предъявления вербального стимула и его последующая, более выраженная, десинхронизация. Предполагается, что ранняя синхронизация мю-ритма может отражать тормозящий вход в премоторную кору от сенсорных областей до и во время начала восприятия речи, в то время как последующая десинхронизация мю-ритма может индексировать сенсорную обратную связь во время восприятия речи и ее внутреннего воспроизводства [31]. Как известно, подавление мю-ритма происходит во время выполнения собственных движений или их представления, а также при наблюдении за движениями окружающих. Тот факт, что мю-ритм также реагирует в процессе слухового восприятия и при выполнении когнитивных задач, включающих вербальные задания, авторы исследования расценивают как отражение тесных внутренних взаимосвязей между восприятием речи и ее внутренней генерацией в процессе переработки речевого сообщения.

В большинстве работ описывается прирост мощности бета-ритма при восприятии речевых сигналов выявлен во фронтальных, теменных и некоторых других отделах [27, 32]. Бета-активность рассматривают как отсроченный индекс корковой активации [33]. В росте мощности данного ритма, как предполагает группа авторов [26, 27], отражается выполнение второй, завершающей группы когнитивных операций, обеспечивающих понимание предложений, – семантическая и синтаксическая интеграция отдельных слов в общий образ многословного высказывания. Увеличенный по мощности бета-ритм связывают с поддержанием активного состояния нейронных цепей, участвующих в этих процессах [34].

В противоположность этому, в центральных регионах коры регистрируется десинхронизация мю-бета-ритма как при распознавании, так и при воспроизведении речи [31, 35], имеющая преимущественно левостороннюю локализацию.

Предполагается, что десинхронизация сенсомоторного бета-ритма во время распознавания речи может объясняться процессами внутреннего моделирования речевого высказывания [31]. Внутренние модели создаются в двигательных областях и передаются в слуховые области высокого порядка для облегчения процессов распознавания речи [36].

Что касается наиболее высокочастотного диапазона ЭЭГ, то обнаружено увеличение мощности гамма-ритма (частотная полоса от 40 Гц и выше) в ответ на семантически правильное ключевое слово в предложении, относительно его семантически аномального аналога [37]. В результате сформировано представление о том, что нейронная синхронизация гамма-диапазона участвует в операциях семантического объединения на уровне предложения. Кроме этого, было показано, что восприятие существительных вызывает большую синхронизацию гамма-ритма в зрительных зонах, тогда как распознавание глаголов – в моторных областях [38].

Стоит отметить, что, несмотря на пристальное внимание многих исследований к изучению мозговых механизмов восприятия и понимания речи, до сих пор не существует однозначного представления об организации и функционировании данной системы. При этом становится очевидным, что можно зафиксировать динамику работы языковой сети мозга путем тщательного анализа изменений мощности ритмов ЭЭГ в сочетании с тонкими экспериментальными манипуляциями с широким набором задач по пониманию речевых высказываний. Нейрональная синхронизация, отражающаяся в паттерне реакций ЭЭГ, представляет собой механизм, с помощью которого мозг объединяет различные типы языковой информации (например, фонологическую, орфографическую, семантическую и синтаксическую информацию), представленные в разных областях мозга.

### **3. ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ЭЭГ ПРИ ВОСПРИЯТИИ РЕЧИ У ДЕТЕЙ**

Процесс понимания смысла целостного речевого сообщения является ключевым элементом речевой деятельности ребенка [39]. При этом способность к пониманию предложений проходит в онтогенезе ряд ключевых этапов. Установлено [11], что для обучения восприятию фонем родного языка критическим периодом является первый год жизни ребенка, тогда как обучение восприятию предложения (освоение синтаксиса) происходит в возрастном периоде от 18 до 36 месяцев. В этом периоде также происходит особенно бурное развитие словарного запаса. Благодаря этому в возрасте двух-трех лет дети уже адекватно воспринимают целостный смысл простых высказываний. В дальнейшем словарный запас расширяется, а возможности понимания речи у детей дошкольного и школьного возраста приближаются к таковым у взрослых. Однако паттерны реакций у детей отличаются от таковых у взрослых.

Так J. Schneider с соавторами [5, 6] проведено исследование, в котором одни и те же речевые сообщения предъявлялись взрослым и детям 10–12 лет. У детей, в отличие от взрослых, при слуховом восприятии правильных предложений и предложений с грамматическими ошибками было более выражено увеличение амплитуды тета-ритма ЭЭГ. Данная группа исследователей полагает, что рост

мощности тета-ритма отражает семантическую интеграцию, которая требует от детей больших ресурсов, чем у взрослых.

Усиление мощности тета-ритма при слуховом восприятии речи обнаружено в нашей лаборатории [40] у детей раннего возраста (2–3,5 года), а также в других лабораториях при исследованиях с участием малышей в возрасте до года и дошкольников четырех-семи лет [22], детей 13 лет [41]. Такое усиление связывают с вовлечением процессов памяти, а также с эмоциональной активацией. Кроме того, L. Meyer и коллеги [42] высказали предположение о том, что изменения мощности тета-ритма у детей отражают модуляции нисходящего контроля, необходимые для выполнения вербальных задач. Длительное когнитивное взаимодействие во время выполнения задания постепенно увеличивает тета-мощность у детей, и различные требования к задаче дополнительно модулируют тета-мощность. Более конкретные, связанные с языком требования отражаются в тета-модуляциях над левосторонними лобно-височными областями мозга. Таким образом, колебания тета-диапазона ЭЭГ отражают активность нейронных механизмов, которые лежат в основе, как понимания языка, так и общих когнитивных способностей.

Восприятие речевых сообщений у взрослых испытуемых, как правило, сопровождается снижением амплитуды альфа-ритма, отражающим активацию внимания и семантические операции [25, 13]. В то же время, рядом исследователей у детей двух-трех [40] и 10–12 лет [6] в центральных, теменных и затылочных регионах в процессе восприятия речевых сигналов был обнаружен рост мощности мю- и альфа-ритма. Поскольку в работе J. M. Schneider и соавторов [6] мощность альфа-ритма была тем выше, чем сложнее для восприятия было предложение или словосочетание, данный феномен связывают с активацией процессов рабочей памяти. L. Meyer с коллегами [43] считают, что усиление альфа-ритма отражает тормозные процессы, необходимые для предотвращения разного рода преждевременных реакций, мешающих интеграции вербальной информации. Последнее предположение согласуется с представлением о том, что рост мощности альфа-ритма связан с процессом активного торможения нейронных цепей, не участвующих в текущей когнитивной задаче [44].

Поскольку в исследованиях, которые проводились в нашей лаборатории [40], речевой сигнал (стихотворение, в котором персонажами являлись животные) предъявлялся через акустическую колонку, росту мощности мю-ритма была также дана следующая интерпретация. Условия, при которых речевой сигнал шел из колонки, – непривычны для детей раннего возраста. Наблюдалось резкое снижение двигательной активности и концентрации зрительного внимания на неподвижном источнике звука. Именно для таких состояний ребенка характерен рост мощности мю-ритма [44–46].

Интересные результаты были получены при анализе изменений ЭЭГ в диапазоне альфа-ритма у малышей 18 и 24 месяцев при предъявлении предложений, обозначающих действия [4]. Восприятие таких предложений сопровождается падением мощности центрального мю- (6–10 Гц) и затылочного альфа-ритма в том же частотном диапазоне. При предъявлении предложений с псевдословами изменения мю-ритма отсутствовали, в то время как затылочного альфа-ритма –

сохранялись. Авторы работы связывают десинхронизацию мю-ритма с активацией сенсо-моторной системы при восприятии предложений, обозначающих действия, а альфа-ритма – с процессами внимания.

Что касается высокочастотного диапазона ЭЭГ, то J. Schneider с соавторами [5, 6] выявлено, что у детей 10–12 лет, в отличие от взрослых, при слуховом восприятии предложений изменения бета-ритма были менее выражены. Изменения бета-ритма связаны с синтаксической интеграцией, которая у детей развита относительно слабо.

#### **4. ВОСПРИЯТИЕ РЕЧИ У ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ РАЗВИТИЯ. РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА РЕЧЕВЫХ НАРУШЕНИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ**

Как отмечено выше, изучение особенностей вызванных потенциалов в ответ на предъявление звуковых тонов или сочетаний слогов позволяет предсказать успешность будущего освоения речи ребенком [10, 11]. Применение указанной методики, несмотря на ее ограничения, может иметь важное диагностическое значение, а также позволяет оценить нейрофизиологические механизмы нарушений в развитии речи у детей. Так, было показано, что у 20-ти месячных детей из семей с риском нарушения развития речи компонент N400 связанного с событием вызванного потенциала, возникающего в ответ на предъявленные слова, имеет больший латентный период, чем у детей из семей с нормально развитой речью [48]. В другом исследовании [49] выявлено, что значимое увеличение латентного периода компонента P3 вызванных потенциалов, зарегистрированных в ответ на девиантный тон в oddball парадигме, являлось у годовалых детей индикатором высокой вероятности последующего развития расстройств аутистического спектра, диагностированных у этих детей в возрасте 20-ти месяцев. Были выявлены корреляции между латентным периодом P3 и степенью отставания в развитии речи. Таким образом, анализ временных параметров компонентов связанных с событием ЭЭГ-потенциалов указывает на замедление процесса переработки вербальной информации или ее компонентов у детей с нарушением речевого развития.

Анализ текущей ЭЭГ показал, что степень речевого развития и его нарушения отражаются как в особенностях фоновой активности, так и в динамике ЭЭГ при восприятии целостных речевых сообщений.

Исследование спектров мощности фоновой ЭЭГ у детей 16, 24 и 36 месяцев показало, что индивидуальные различия в мощности гамма-ритма 31–50 Гц во фронтальных отведениях коррелировали с речевыми и когнитивными навыками [50]. Дети с семейным анамнезом языковых нарушений и, следовательно, с более высоким риском языковых расстройств демонстрировали более низкую мощность гамма-ритма, чем дети контрольной группы без такого семейного анамнеза. Авторы исследования предполагают, что высокочастотная нейронная синхронизация может иметь решающее значение для когнитивного и лингвистического развития.

В другом исследовании [51] пониженные показатели произвольного владения речью были выявлены у группы детей 7–8 лет, отличающихся в ситуации спокойного бодрствования с закрытыми глазами большей мощностью тета-ритма во



фронтальных и центральных отведениях. По мнению автора исследования, указанные особенности ЭЭГ свидетельствуют о незрелости фронто-таламической системы, что отражается в дефиците фонематического слуха, определяющего развитие звукового анализа и разделяющего звукокомплексы (сочетания звуков, слогов и слов) на составные элементы (фонемы). Незрелость данной системы приводит также к нарушениям понимания логико-грамматических отношений, внешнего содержания высказывания и его подтекста, нарушению лексического строя речи и к трудностям словоупотребления.

Использование метода независимых компонент при анализе фоновой ЭЭГ показало, что у детей 4–9 лет с расстройствами аутистического спектра, имеющих нарушения коммуникативной функции мощность тета- и бета-ритмов, выше, чем у здоровых детей [52]. Такие особенности фоновой ЭЭГ были более выражены у детей с тяжелыми формами нарушений речи и расценивались как отражение дисбаланса возбуждения и торможения в неокортексе.

В исследовании экспрессивной стороны речевой деятельности детей 4–11 лет выявлены положительные корреляции между выраженностью альфа-ритма ЭЭГ, с одной стороны, и качеством артикуляции гласных и употреблением детьми сложных предложений, с другой [53]. Очевидно, что употребление таких предложений свидетельствует и о лучшем понимании речевых сообщений. Показано, также, что у детей с асимметричной локализацией альфа-ритма (зарегистрированного во время относительного покоя) отмечается более четкое произношение слов, что определяет разборчивость их речи. Дети, с преобладанием тета-ритма в структуре фоновой ЭЭГ, отличались более высоким основным тоном речи, что свидетельствовало о замедленном созревании ее артикуляции. Авторы данной работы приходят к заключению, что пониженная мощность альфа-ритма и повышенная – тета-активности указывают на незрелость мозговых структур, результатом чего является отставание в развитии речи.

Было обнаружено, что у детей с дислексией менее выражена десинхронизация нижнего диапазона бета-ритма во время чтения в областях, связанных с областью Брока (в локусе FC5) и угловой извилиной (в локусах CP5, P3) [54], регистрируется повышенный индекс медленной активности ЭЭГ в диапазонах дельта- и тета-ритмов в лобной и правой височных областях мозга, повышенная мощность бета1-ритма в локусе F7 и повышенная когерентность ЭЭГ во фронтальной, центральной и височной областях [55]. Предполагается, что при чтении у людей с дислексией происходит меньшая активация верхней височной и угловой извилины левого полушария, что отражается в сниженном индексе бета-ритма в отведениях T3 и T5 [56, 57].

В исследовании, проведенном в нашей лаборатории, анализировали особенности динамики ЭЭГ при восприятии речи у детей-сирот, воспитывающихся в детском доме [58]. Результаты теста Бэйли показали, что для детей-сирот характерна существенная задержка речевого развития по сравнению с таковой в группе детей из обычных семей. Это еще раз подтвердило, что адекватное развитие речи ребенка формируется при его взаимодействии с родителями или другими значимыми взрослыми. Сравнение ЭЭГ в процессе прослушивания естественной и

реверсированной речи выявило меньшую реактивность гамма-ритма у детей-сирот, чем у детей из биологических семей. Выдвинуто предположение, что меньший уровень увеличения мощности колебаний данного диапазона связан с нарушением процесса осознания речевого сообщения детьми-сиротами, что может являться следствием недостаточного развития нейронных сетей мозга, отвечающих за переработку вербальной информации.

С целью определения роли «системы зеркальных нейронов» в процессах освоения речи, в другом исследовании нашей лаборатории анализировали особенности реактивности мю-ритма ЭЭГ у детей в возрасте 17–41 месяцев с разным уровнем развития понимания речи [59]. У детей с высоким уровнем по шкале «рецептивная речь» теста Бейли отмечена большая десинхронизация мощности ЭЭГ в диапазоне мю-ритма в условиях наблюдения за реальным действием в лобном и теменном локусах левого полушария по сравнению с детьми со средним уровнем по данной шкале. Поскольку изменения мощности мю-ритма в такой ситуации отражают активность системы зеркальных нейронов [60], результаты исследования указывают, что дети раннего возраста, которые демонстрируют более высокий уровень активации зеркальных нейронов в указанных корковых регионах, обладают более высоким уровнем понимания речи.

Одним из перспективных психофизиологических способов коррекции функционального состояния является метод биологической связи (БОС). Известно лишь несколько исследований, использующих тренировки с БОС для коррекции нарушений восприятия речи. Так, проводились БОС-тренинги по параметрам ЭЭГ, направленные на улучшение навыков чтения и правописания у детей с дислексией [57]. Протоколы тренировок основывались на анализе фоновой ЭЭГ и были направлены на нормализацию таких параметров ЭЭГ как (1) повышенная мощность дельта-ритма в отведении Т6; (2) повышенная когерентность в альфа- или бета-диапазоне в F7 – FC3 или F7 – C3 (3) повышенная когерентность ритмов ЭЭГ в отведениях Т3 – Т4. Было показано статистически значимое улучшение правописания, однако значимых изменений в чтении выявлено не было.

Sreedharan и коллеги проводили тренировки с биологической обратной связью по параметрам фМРТ на основе данных об активации зон вокруг области Брока и области Вернике левого полушария у взрослых испытуемых с постинсультной афазией [61]. Предварительно было показано, что функциональные связи между данными речевыми зонами в группе испытуемых с афазией слабее, чем у здоровых людей, а после тренировки произошло их укрепление.

В нашей лаборатории были проведены БОС-тренингов по параметрам мю- и тета-ритмов ЭЭГ, направленные на оптимизацию психофизиологического состояния детей с задержкой психоречевого развития [62]. После тренировок было выявлено значимое улучшение показателей невербального и общего интеллекта, снижение оценок по шкале «Трудности общения». Улучшения показателей вербального интеллекта не достигали уровня статистической значимости, что может свидетельствовать о большем влиянии БОС-тренингов на опосредованно связанные с речевым развитием показатели внимания и навыков самоконтроля.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом анализа ряда работ, использующих регистрацию ЭЭГ в контексте различного рода исследований речевой коммуникации и рассмотренных в данном кратком обзоре, становится понимание того, что нейрональная синхронизация, отражающаяся в паттерне реакций ЭЭГ, представляет собой механизм, с помощью которого мозг объединяет различные типы информации, содержащиеся в речевом сообщении. Путем анализа изменений мощности ритмов ЭЭГ в сочетании с предъявлением широкого набора вербальных задач можно выявить механизмы функционирования языковой сети мозга.

В настоящее время установлено, что понимания предложения запускается две группы взаимосвязанных когнитивных операций: сначала поиск в памяти фонологических, синтаксических и семантических свойств слов, а затем интеграция информации в общее представление о смысле высказывания. Стадия поиска слов у взрослых и детей сопровождается усилением мощности тета-ритма. Стадия интеграции слов в предложение сопровождается ростом тета-, бета-, и гамма-ритмов. При этом для детей рост тета-ритма более характерен, чем для взрослых. Чем выше реактивность указанных ритмов, тем лучше развиты у детей речевые навыки. Однако в условиях относительного покоя для ЭЭГ детей с высоким уровнем развития речи характерен умеренный уровень мощности тета- и бета-ритмов и высокий – альфа- и мю-ритмов ЭЭГ.

Выявленные закономерности позволяют наметить способы коррекции речевого развития детей с помощью методики биологической обратной связи по ЭЭГ.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-015-00074 а.*

## Список литературы

1. Выготский Л. С. Мышление и речь. / Выготский Л. С. – М., Л.: Государственное социально-экономическое изд-во. – 1934. – 324 с.
2. Cristia A. Predicting individual variation in language from infant speech perception measures / A. Cristia, A. Seidl, C. Junge, M. Soderstrom, P. Hagoort // Child Dev. – 2014. – Vol. 85. – P. 1330–1345.
3. Bell M. A. Using EEG to study cognitive development: Issues and practices / M. A. Bell, K. Cuevas // J. Cogn. Dev. – 2012. – Vol. 13(3). – P. 281–294.
4. Antognini K. Toddlers show sensorimotor activity during auditory verb processing / K. Antognini, M. Daum // Neuropsychologia. – 2019. – Vol. 126. – P. 82–91.
5. Schneider J. M. Developmental differences in beta and theta power during sentence processing / J. M. Schneider, A. D. Abel, D. A. Ogiela, A. E. Middleton, M. J. Maguire // Dev. Cogn. Neurosci. – 2016. – Vol. 19. – P. 19–30.
6. Schneider J. M. Developmental differences in the neural oscillations underlying auditory sentence processing in children and adults / J. M. Schneider, A. D. Abel, D. A. Ogiela, C. McCord, M. J. Maguire // Brain Lang. – 2018. – Vol. 186. – P. 17–25.
7. Kuhl P. K. Infants' brain responses to speech suggest Analysis by Synthesis / P. K. Kuhl, R. R. Ramírez, A. Bosseler, J.-F. L. Lin, T. Imada // PNAS. – 2014. – Vol. 111(31) – P. 11238–11245.
8. Strotseva-Feinschmidt A. Auditory discrimination between function words in children and adults: A mismatch negativity study / A. Strotseva-Feinschmidt, K. Cunitz, A. D. Friederici, T. C. Gunter // Front. psychol. – 2015. – Vol. 6. – P. 1930.

9. Harwood V. Electrophysiology of perception and processing of phonological information as indices of toddlers' language performance / V. Harwood, J. Preston, B. Grela, D. Roy, O. Harold, J. Turcios, K. Andrada, N. Landi // *J. Speech. Lang. Hear. Res.* – 2017. – Vol. – 60(4). – P. 999–1011.
10. Kuhl P. K. Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded (NLM-e) / P. K. Kuhl, B. T. Conboy, S. Coffey-Corina, D. Padden, M. Rivera-Gaxiola, T. Nelson // *Philos. Trans. Royal Soc. B.* – 2008. – Vol. 363(1493). – P. 979–1000.
11. Kuhl P. K. Brain mechanisms in early language acquisition / Kuhl P. K. // *Neuron.* – 2010. – Vol. 67(5). – P. 713–727.
12. Krause C. Relative alpha desynchronization and synchronization during speech perception / C. Krause, B. Porn, H. Lang // *Brain Res.* – 1997. – Vol. 5(3). – P. 295–299.
13. Lam N. H. Neural activity during sentence processing as reflected in theta, alpha, beta, and gamma oscillations / N. H. Lam, J. Schoffelen, J. Uddén, A. Hultén, P. Hagoort // *NeuroImage.* – 2016. – Vol. 142. – P. 43–54.
14. Ding N. Cortical tracking of hierarchical linguistic structures in connected speech / N. Ding, L. Melloni, H. Zhang, X. Tian, D. Poeppel // *Nature Neuroscience.* – 2016. – Vol. 19(1) – P. 158–164.
15. Mai G. Delta, theta, beta, and gamma brain oscillations index levels of auditory sentence processing / G. Mai, J. W. Minett, W. S. Wang // *NeuroImage.* – 2016. – Vol. 133. – P. 516–528.
16. Saltuklaroglu T. EEG mu rhythms: rich sources of sensorimotor information in speech processing / T. Saltuklaroglu, A. Bowers, A. W. Harkrider, D. Casenhiser, K. J. Reilly, D. E. Jenson, D. Thornton // *Brain Lang.* – 2018. – Vol. 187. – P. 41–61.
17. Orekhova E. V. EEG theta rhythm in infants and preschool children / E. V. Orekhova, T. A. Stroganova, I. N. Posikera, M. Elam // *Clin. Neurophysiol.* – 2006. – Vol. 117(5). – P. 1047–1062.
18. Lum J. Using Pupillometry to Investigate Sentence Comprehension in Children With and Without Specific Language Impairment / J. Lum, G. Youssef, G. Clark // *Journal of speech, language, and hearing research: JSLHR.* – 2017. – Vol. 60(6). – P. 1648–1660.
19. Friederici A. D. Towards a neural basis of auditory sentence processing / Friederici A. D. // *Trends Cogn. Sci.* – 2002. – Vol. 6. – P. 78–84.
20. Hickok G. The cortical organization of speech processing / G. Hickok, D. Poeppel // *Nat. Rev. Neurosci.* – 2007. – Vol. 8(5). – P. 393–402.
21. Pulvermüller F. Neural reuse of action perception circuits for language, concepts and communication. / Pulvermüller F. // *Prog Neurobiol.* – 2018. – Vol. 160. – P. 1–44.
22. Arbib M. A. From monkey-like action recognition to human language: An evolutionary framework for neurolinguistics / Arbib M. A. // *Behavioral and Brain Sciences.* – 2015. – Vol. 28. – P. 105–124.
23. Hagoort P. On Broca, brain, and binding: a new framework. / Hagoort P. // *Trends Cogn. Sci.* – 2005. – Vol. 9(9). – P. 416–423.
24. Hagoort P. The core and beyond in the language-ready brain. / Hagoort P. // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2017. – Vol. 81. – P. 194–204.
25. Bastiaansen M. C. Theta responses are involved in lexical semantic retrieval during language processing / M. C. Bastiaansen, M. V. Linden, M. T. Keurs, T. Dijkstra, P. Hagoort // *J. Cogn. Neurosci.* – 2005. – Vol. 17. – P. 530–541.
26. Bastiaansen M. C. Syntactic unification operations are reflected in oscillatory dynamics during on-line sentence comprehension / M. C. Bastiaansen, L. Magyari, P. Hagoort // *J. Cogn. Neurosci.* – 2010. – Vol. 22. – P. 1333–1347.
27. Bastiaansen M. Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension / M. Bastiaansen, P. Hagoort // *Prog. Brain. Res.* – 2006. – Vol. 159. – P. 179–196.
28. Hart J. Jr. Semantic memory retrieval circuit: Role of pre-SMA, caudate, and thalamus / J. Jr. Hart, M. J. Maguire, M. Motes, R. A. Mudar, H. S. Chiang, K. B. Womack, M. A. Kraut // *Brain Lang.* – 2013. – Vol. 126(1). – P. 89–98.
29. Приводнова Е. Ю. Топографические особенности тета-активности у молодых и пожилых испытуемых на начальном этапе решения креативной задачи: sLORETA-анализ / Е. Ю. Приводнова, Н. В. Вольф // *Журн. высш. нерв. деят.* – 2018. – Vol. 68(3). – P. 304–312.
30. Dimitrijevic A. Cortical Alpha Oscillations Predict Speech Intelligibility / A. Dimitrijevic, M. L. Smith, D. S. Kadis, D. R. Moore // *Frontiers in human neuroscience.* – 2017. – Vol. 11. – P. 88: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00088>

31. Jenson D. Temporal dynamics of sensorimotor integration in speech perception and production: independent component analysis of EEG data / D. Jenson, A. L. Bowers, A. W. Harkrider, D. Thornton, M. Cuellar, T. Saltuklaroglu // *Frontiers in psychology*. – 2014. – Vol. 5. – 656: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00656>
32. Lewis A. G. A predictive coding perspective on beta oscillations during sentence-level language comprehension / A. G. Lewis, J. M. Schoffelen, H. Schriefers, M. Bastiaansen // *Front. Hum. Neurosci.* – 2016. – Vol. 10. – P. 85.
33. Kropotov Yu. D. Quantitative EEG, event-related potentials and neurotherapy / Kropotov Yu. D. // Academic Press. – 2009. – 542 p.
34. Lewis A. G. Fast oscillatory dynamics during language comprehension: Unification versus maintenance and prediction? / A. G. Lewis, L. Wang, M. Bastiaansen // *Brain Lang.* – 2015. – Vol. 148. – P. 51–63.
35. Thornton D. Sensorimotor activity measured via oscillations of EEG mu rhythms in speech and non-speech discrimination tasks with and without segmentation demands / D. Thornton, A. W. Harkrider, D. Jenson, T. Saltuklaroglu // *Brain Lang.* – 2018. – Vol. 187. – P. 62–73.
36. Bowers A. Suppression of the  $\mu$  Rhythm during Speech and Non-Speech Discrimination Revealed by Independent Component Analysis: Implications for Sensorimotor Integration in Speech Processing / A. Bowers, T. Saltuklaroglu, A. Harkrider, M. Cuellar // *PLoS ONE*. – 2013. – Vol. 8(8). – e72024: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072024>
37. Bastiaansen M. Frequency-based Segregation of Syntactic and Semantic Unification during Online Sentence Level Language Comprehension / M. Bastiaansen, P. Hagoort // *J Cogn Neurosci*. – 2015. – Vol. 27(11). – P. 2095–2107.
38. Zaidel E. EEG Correlates of Hemispheric Word Recognition / E. Zaidel, A. Hill, S. Weems // *Brain Research in Language. Literacy Studies*. – 2008. – Vol. 1. – P. 225–245.
39. Rossi S. Shedding light on words and sentences: Near-infrared spectroscopy in language research / S. Rossi, S. Telkemeyer, I. Wartenburger, H. Obrig // *Brain Lang.* – 2012. – Vol. 121(2). – P. 152–163.
40. Белалов В. В. Реактивность мю-ритма ЭЭГ при восприятии речи у детей в возрасте от двух до трех с половиной лет: влияние условий воспитания / В. В. Белалов, О. М. Базанова, А. А. Михайлова, Ю. О. Дягилева, В. Б. Павленко // *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*. – 2020. – Т. 70, № 2. – С. 193–205.
41. Krause C. M. Brain oscillatory responses during the different stages of an auditory memory search task in children / C. M. Krause, M. Pesonen, H. Hämäläinen // *Neuroreport*. – 2007. – Vol. 18(3). – P. 13–216.
42. Meyer M. Theta oscillations in 4-year-olds are sensitive to task engagement and task demands / M. Meyer, H. M. Endedijk, F. van Ede et al. // *Sci Rep*. – 2019. – Vol. 9. – 6049: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42615-x>
43. Meyer L. Left parietal alpha enhancement during working memory-intensive sentence processing / L. Meyer, J. Obleser, A. D. Friederici // *Cortex*. – 2013. – Vol. 49(3). – P. 711–721.
44. Bazanova O. M. Interpreting EEG alpha activity / O. M. Bazanova, D. Vernon // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2014. – Vol. 44 – P. 94–110.
45. Stroganova T. A. EEG alpha rhythm in infants / T. A. Stroganova, E. V. Orekhova, I. N. Posikera // *Clin. Neurophysiol.* – 1999. – Vol. 110(6). – P. 997–1012.
46. Marshall P. J. Development of the EEG from 5 months to 4 years of age / P. J. Marshall, Y. Bar-Haim, N. A. Fox // *Clin. Neurophysiol.* – 2002. – Vol. 113. – P. 1199–1208.
47. Thorpe S. G. Spectral and source structural development of mu and alpha rhythms from infancy through adulthood / S. G. Thorpe, E. N. Cannon, N. A. Fox // *Clin. Neurophysiol.* – 2016. – Vol. 127(1) – P. 254–269.
48. Cantiani C. ERP responses to lexical-semantic processing in typically developing toddlers, in adults, and in toddlers at risk for language and learning impairment / C. Cantiani, V. Riva, C. Piazza et al. // *Neuropsychologia*. – 2017. – Vol. 103. – P. 115–130.
49. Riva V. Distinct ERP profiles for auditory processing in infants at-risk for autism and language impairment / V. Riva, C. Cantiani, G. Mornati et al. // *Sci Rep*. – 2018. – Vol. 8. – 715: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-19009-y>
50. Benasich A. A. Early cognitive and language skills are linked to resting frontal gamma power across the first 3 years / A. A. Benasich, Z. Gou, N. Choudhury, K. D. Harris // *Behav Brain Res.* – 2008. – Vol. 195(2). – P. 215–222.

51. Емельянова Т. В. Влияние дисфункции фронто-таламической системы на развитие речи у детей 7-8 лет / Емельянова Т. В. // Журнал медико-биологических исследований. – 2014. – Вып. №3. – С. 42–49.
52. Kozhushko N. J. Specificity of spontaneous EEG associated with different levels of cognitive and communicative dysfunctions in children / N. J. Kozhushko, Z. V. Nagornova, S. A. Evdokimov [et al.] // Int J Psychophysiol. – 2018. – Vol. 128. – P. 22–30.
53. Lyakso E. E. Speech Features and Electroencephalogram Parameters in 4- to 11-Year-Old Children / E. E. Lyakso, O. Frolova, Y. Matveev // Frontiers in Behavioral Neuroscience. – 2020. – Vol. 14. doi:10.3389/fnbeh.2020.00030.
54. Klimesch W. Alpha en beta band power changes in normal and dyslexic children / W. Klimesch, M. Doppelmayr, H. Wimmer, W. Gruber, D. R'ohm, J. Schwaiger, F. Hutzler // Clin Neurophysiol. – 2001. – Vol. 112. – P. 1186–1195.
55. Arns M. Different brain activation patterns in dyslexic children: Evidence from EEG power and coherence patterns for the double-deficit theory of dyslexia / M. Arns, S. Peters, M. Breteler, L. Verhoeven // Journal of Integrative Neuroscience. – 2007. – Vol. 6. – P. 175–190.
56. Walker J. E. The Neurophysiology of Dyslexia: A Selective Review with Implications for Neurofeedback Remediation and Results of Treatment in Twelve Consecutive Patients / J. E. Walker, C. A. Norman // Journal of Neurotherapy. – 2006. – Vol. 10(1). – P. 45–55.
57. Breteler M. H. Improvements in spelling after QEEG-based neurofeedback in dyslexia: a randomized controlled treatment study / M. H. Breteler, M. Arns, S. Peters, I. Giepman, L. Verhoeven // Applied psychophysiology and biofeedback. – 2010. – Vol. 35(1). – P. 5–11.
58. Белалов В. В. Нейрофизиологический анализ восприятия речи у детей возрастом от двух с половиной до трех с половиной лет, воспитывающихся в семье и детском доме / В. В. Белалов, Ю. О. Дягилева, В. Б. Павленко, О. М. Кочухова // Neurophysiology. Нейрофизиология. – 2014. – Т. 45, № 1. – С. 85–93.
59. Михайлова А. А. Реактивность мю-ритма ЭЭГ при наблюдении и выполнении действий у детей раннего возраста, имеющих разный уровень развития рецептивной речи / А. А. Михайлова, Л. С. Орехова, Ю. О. Дягилева, Т. И. Мухтаримова, В. Б. Павленко // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2020. – Т. 70, № 3. – С. 422–432.
60. Nyström P. Using mu rhythm desynchronization to measure mirror neuron activity in infants / P. Nyström, T. Ljunghammar, K. Rosander, C. von Hofsten // Dev. Sci. – 2011. – Вып. 14(2). – P. 327–335.
61. Sreedharan. Functional Connectivity of Language Regions of Stroke Patients with Expressive Aphasia During Real-Time Functional Magnetic Resonance Imaging Based Neurofeedback / Sreedharan, Sujesh et al. // Brain connectivity. – 2019. – Vol. 9(8). – P. 613–626.
62. Эйсмонт Е. В. Оптимизация психофизиологического состояния детей с задержкой психоречевого развития с помощью метода обратной связи по параметрам ЭЭГ / Е. В. Эйсмонт, М. А. Начарова, Е. В. Никифорова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), Вып. № 4. – С. 214–221.

## **NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF SPEECH PERCEPTION AND THEIR PERCULARITIES IN HEALTHY CHILDREN AND CHILDREN WITH DEVELOPMENTAL DISORDERS**

***Nacharova M. A., Mikhailova A. A., Govorun Ya. Yu., Portugalskaia A. A., Pavlenko V. B.***

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: alikina93@gmail.com*

Neuronal synchronization, reflected in the EEG pattern, is the mechanism by which the brain integrates different types of information contained in a speech message and

presented in different areas of the brain (for example, phonological, spelling, semantic and syntactic information). The process of understanding a sentence consists of two groups of interrelated cognitive operations: it begins with searching in memory for phonological, syntactic and semantic properties of words, which is followed by integrating information into a general idea of the sentence meaning. The stage of searching for words in adults results in an increase in the theta rhythm power. The stage of integrating words into a sentence results in the growth of theta, beta, and gamma rhythms. At the same time, the growth of theta rhythm is more typical for children than for adults. Higher rhythms reactivity during speech perception indicates better developed speech skills in children. Under conditions of relative relaxation, the EEG of children with a high level of speech development is characterized by a moderate power level of theta and beta rhythms and a high level of alpha and mu rhythms.

It is assumed that a key role in the process of understanding speech is played by the so-called «action perception circuits», surrounding the Sylvian sulcus of the left hemisphere. The «action perception circuits» are composed of nerve cells capable of providing the speech signals perception and generation. The most important subgroup of neurons included in the «action perception circuits» are mirror neurons that are activated when performing and observing actions. The desynchronization of the EEG mu rhythm is considered as mirror neurons activation marker.

In several studies, it revealed that the level of mirror neurons activation and the level of speech understanding in children are connected. It is a topic of great interest to research the mu rhythm alpha and beta components reactivity both during the production of speech and during the perception of another person speech. At present, it is becoming obvious that analyzing the EEG rhythms power changes during the speech understanding in different scenarios could be used to identify the mechanisms of the brain language network and speech disorders. The revealed patterns make it possible to propose ways of correcting the children speech development using EEG biological feedback methods.

**Keywords:** electroencephalogram, speech, EEG rhythms, "mirror" neurons, age-related characteristics of speech perception.

### References

1. Vygotskij L. S. *Myshlenie i rech*, p. 324 (Gosudarstvennoe socialno-ekonomicheskoe izdatelstvo, Moscow, 1934).
2. Cristia A., Seidl A., Junge C., Soderstrom M., Hagoort P. Predicting individual variation in language from infant speech perception measures. *Child Dev.* **85**, 1330 (2014).
3. Bell M. A., Cuevas K. Using EEG to study cognitive development: Issues and practices. *J. Cogn. Dev.* **13**(3), 281 (2012).
4. Antognini K., Daum M. Toddlers show sensorimotor activity during auditory verb processing. *Neuropsychologia.* **126**, 82 (2019).
5. Schneider J. M., Abel A. D., Ogiela D. A., Middleton A. E., Maguire M. J. Developmental differences in beta and theta power during sentence processing, *Dev. Cogn. Neurosci.* **19**, 19 (2016).
6. Schneider J. M., Abel A. D., Ogiela D. A., McCord C., Maguire M. J. Developmental differences in the neural oscillations underlying auditory sentence processing in children and adults, *Brain Lang.* **186**, 17 (2018).
7. Kuhl P. K., Ramírez R. R., Bosseler A., Lin J.-F. L., Imada T. Infants' brain responses to speech suggest Analysis by Synthesis, *PNAS.* **111**(31), 11238 (2015).

8. Strotseva-Feinschmidt A., Cunitz K., Friederici A. D., Gunter T. C. Auditory discrimination between function words in children and adults: A mismatch negativity study, *Front. psychol.* **6**, 1930 (2015).
9. Harwood V., Preston J., Grell B., Roy D., Harold O., Turcios J., Andrada K., Landi N. Electrophysiology of perception and processing of phonological information as indices of toddlers' language performance, *J. Speech. Lang. Hear. Res.* **60**(4), 999 (2017).
10. Kuhl P. K., Conboy B. T., Coffey-Corina S., Padden D., Rivera-Gaxiola M., Nelso T. Phonetic learning as a pathway to language: new data and native language magnet theory expanded (NLM-e), *Philos. Trans. Royal Soc. B.* **363**(1493), 979 (2008).
11. Kuhl P. K. Brain mechanisms in early language acquisition, *Neuron.* **67**(5), 713 (2010).
12. Krause C., Porn B., Lang H. Relative alpha desynchronization and synchronization during speech perception, *Brain Res.* **5**(3), 295 (1997).
13. Lam N. H., Schoffelen J., Uddén J., Hultén A., Hagoort P. Neural activity during sentence processing as reflected in theta, alpha, beta, and gamma oscillations, *NeuroImage.* **142**, 43 (2016).
14. Ding N., Melloni L., Zhang H., Tian X., Poeppel D. Cortical tracking of hierarchical linguistic structures in connected speech, *Nature Neuroscience.* **19**(1), 158 (2016).
15. Mai G., Minett J. W., Wang W. S. Delta, theta, beta, and gamma brain oscillations index levels of auditory sentence processing, *NeuroImage.* **133**, 516 (2016).
16. Saltuklaroglu T., Bowers A., Harkrider A. W., Casenhiser D., Reilly K. J., Jenson D. E., Thornton D. EEG mu rhythms: rich sources of sensorimotor information in speech processing, *Brain Lang.* **187**, 41 (2018).
17. Orehkova E. V., Stroganova T. A., Posikera I. N., Elam M. EEG theta rhythm in infants and preschool children, *Clin. Neurophysiol.* **117**(5), 1047 (2006).
18. Lum J., Youssef G., Clark G. Using Pupillometry to Investigate Sentence Comprehension in Children With and Without Specific Language Impairment, *Journal of speech, language, and hearing research: JSLHR.* **60**(6), 1648 (2017).
19. Friederici A. D. Towards a neural basis of auditory sentence processing, *Trends Cogn. Sci.* **6**, **78** (2002).
20. Hickok G., Poeppel D. The cortical organization of speech processing, *Nat. Rev. Neurosci.* **8**(5), 393 (2007).
21. Pulvermüller F. Neural reuse of action perception circuits for language, concepts and communication, *Prog Neurobiol.* **160**, 1 (2018).
22. Arbib M. A. From monkey-like action recognition to human language: An evolutionary framework for neurolinguistics, *Behavioral and Brain Sciences.* **28**, 105 (2015).
23. Hagoort P. On Broca, brain, and binding: a new framework, *Trends Cogn. Sci.* **9**(9), 416 (2005).
24. Hagoort P. The core and beyond in the language-ready brain, *Neurosci. Biobehav. Rev.* **81**, 194 (2017).
25. Bastiaansen M. C., Linden M. V., Keurs M. T., Dijkstra T., Hagoort P. Theta responses are involved in lexical semantic retrieval during language processing, *J. Cogn. Neurosci.* **17**, 530 (2005).
26. Bastiaansen M. C., Magyari L., Hagoort P. Syntactic unification operations are reflected in oscillatory dynamics during on-line sentence comprehension, *J. Cogn. Neurosci.* **22**, 1333 (2010).
27. Bastiaansen M., Hagoort P. Oscillatory neuronal dynamics during language comprehension. *Prog. Brain. Res.* **159**, 179 (2006).
28. Hart J. Jr., Maguire M. J., Motes M., Mudar R. A., Chiang H. S., Womack K. B., Kraut M. A. Semantic memory retrieval circuit: Role of pre-SMA, caudate, and thalamus, *Brain Lang.* **126**(1), 89 (2013).
29. Privodnova E. Yu., Volf N. V. Topographic features of theta activity in young and elderly subjects at the initial stage of creative problem solving: Sloreta analysis, *Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni I. P. Pavlova.* **68**(3), 304 (2018).
30. Dimitrijevic A., Smith M. L., Kadis D. S., Moore D. R. Cortical Alpha Oscillations Predict Speech Intelligibility, *Frontiers in human neuroscience,* **11**, 88 (2017). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00088>
31. Jenson D., Bowers A. L., Harkrider A. W., Thornton D., Cuellar M., Saltuklaroglu T. Temporal dynamics of sensorimotor integration in speech perception and production: independent component analysis of EEG data, *Frontiers in psychology,* **5**, 656 (2014). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00656>
32. Lewis A. G., Schoffelen J. M., Schriefers H., Bastiaansen M. A predictive coding perspective on beta oscillations during sentence-level language comprehension, *Front. Hum. Neurosci.,* **10**, 85 (2016).



33. Kropotov Yu. D. Quantitative EEG, event-related potentials and neurotherapy, *Academic Press.*, 543 (2009).
34. Lewis A. G., Wang L., Bastiaansen M. Fast oscillatory dynamics during language comprehension: Unification versus maintenance and prediction? *Brain Lang.*, **148**, 61 (2015).
35. Thornton D., Harkrider A. W., Jenson D., Saltuklaroglu T. Sensorimotor activity measured via oscillations of EEG mu rhythms in speech and non-speech discrimination tasks with and without segmentation demands, *Brain Lang.*, **187**, 62 (2018).
36. Bowers A., Saltuklaroglu T., Harkrider A., Cuellar M. Suppression of the  $\mu$  Rhythm during Speech and Non-Speech Discrimination Revealed by Independent Component Analysis: Implications for Sensorimotor Integration in Speech Processing, *PLoS ONE.*, **8**(8) (2013). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072024>
37. Bastiaansen M., Hagoort P. Frequency-based Segregation of Syntactic and Semantic Unification during Online Sentence Level Language Comprehension, *J Cogn Neurosci.*, **27**(11), 2095 (2015).
38. Zaidel E., Hill A., Weems S. EEG Correlates of Hemispheric Word Recognition. *Brain Research in Language. Literacy Studies.* **1**, 225 (2008).
39. Rossi S., Telkemeyer S., Wartenburger I., Obrig H. Shedding light on words and sentences: Near-infrared spectroscopy in language research, *Brain Lang.*, **121**(2), 152 (2012).
40. Belalov V. V., Bazanova O. M., Mikhailova A. A., Dyagileva Yu. O., Pavlenko V. B. EEG mu rhythm reactivity during speech perception in children aged from two to three years: influence of rearing conditions, *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti imeni I. P. Pavlova*, **70**(2), 193 (2020).
41. Krause C. M., Pesonen M., Hämäläinen H. Brain oscillatory responses during the different stages of an auditory memory search task in children, *Neuroreport.*, **18**(3), 213 (2007).
42. Meyer M., Endedijk H. M., Van Ede F., Hunnius S. Theta oscillations in 4-year-olds are sensitive to task engagement and task demands, *Sci Rep.*, **9**, 6049 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-42615-x>
43. Meyer L., Obleser J., Friederici A. D. Left parietal alpha enhancement during working memory-intensive sentence processing, *Cortex.*, **49**(3), 711 (2013).
44. Bazanova O. M., Vernon D. Interpreting EEG alpha activity, *Neurosci. Biobehav. Rev.*, **44**, 94 (2014).
45. Stroganova T. A., Orekhova E. V., Posikera I. N. EEG alpha rhythm in infants, *Clin. Neurophysiol.*, **110**(6), 997 (1999).
46. Marshall P. J., Bar-Haim Y., Fox N. A Development of the EEG from 5 months to 4 years of age, *Clin. Neurophysiol.*, **113**, 1199 (2002).
47. Thorpe S. G., Cannon E. N., Fox N. A. Spectral and source structural development of mu and alpha rhythms from infancy through adulthood, *Clin. Neurophysiol.*, **127**(1), 254 (2016).
48. Cantiani C., Riva V., Piazza C., Melesi G., Mornati G., Bettoni R., Marino C., Molteni M. ERP responses to lexical-semantic processing in typically developing toddlers, in adults, and in toddlers at risk for language and learning impairment, *Neuropsychologia.*, **103**, 115 (2017).
49. Riva V., Cantiani C., Mornati G., Gallo M., Villa L., Mani E., Saviozzi I., Marino C. and Molteni M. Distinct ERP profiles for auditory processing in infants at-risk for autism and language impairment, *Sci Rep.*, **8**, 715 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-19009-y>
50. Benasich A. A., Gou Z., Choudhury N., Harris K. D. Early cognitive and language skills are linked to resting frontal gamma power across the first 3 years, *Behav Brain Res.*, **195**(2), 215 (2008).
51. Emelyanova T. V. Influence of fronto-thalamic system dysfunction on speech development in 7–8-year-old children, *Journal of Medical and Biological Research.*, **3**, 42 (2014).
52. Kozhushko N. J., Nagornova Z. V., Evdokimov S. A., Shemyakina N. Specificity of spontaneous EEG associated with different levels of cognitive and communicative dysfunctions in children, *Int J Psychophysiol.*, **128**, 22 (2018).
53. Lyakso E. E., Frolova O., Matveev Y. Speech Features and Electroencephalogram Parameters in 4- to 11-Year-Old Children, *Frontiers in Behavioral Neuroscience.*, **14** (2020) doi:10.3389/fnbeh.2020.00030.
54. Klimesch W., Doppelmayr M., Wimmer H., Gruber W., Röhm D., Schwaiger J., Hutzler F. Alpha end beta band power changes in normal and dyslexic children, *Clin Neurophysiol.*, **112**, 1186 (2001).
55. Arns M., Peters S., Breteler M., Verhoeven L. Different brain activation patterns in dyslexic children: Evidence from EEG power and coherence patterns for the double-deficit theory of dyslexia, *Journal of Integrative Neuroscience*, **6**, 175 (2007).

56. Walker J. E., Norman C. A. The Neurophysiology of Dyslexia: A Selective Review with Implications for Neurofeedback Remediation and Results of Treatment in Twelve Consecutive Patients, *Journal of Neurotherapy*, **10**(1), 45 (2006).
57. Breteler M. H., Arns M., Peters S., Giepman I., Verhoeven L. Improvements in spelling after QEEG-based neurofeedback in dyslexia: a randomized controlled treatment study, *Applied psychophysiology and biofeedback*, **35**(1), 5 (2010).
58. Belalov V. V., Dyagileva Y. O., Pavlenko V. B., Kochukhova O. M. Neurophysiological analysis of speech perception in 2.5 to 3.5-year-old orphans and children raised in a family, *Neurophysiology*, **45**(1), 85 (2014).
59. Mikhailova A. A., Orekhova L. S., Dyagileva Yu. O., Mukhtarimova T. I., Pavlenko V. B. EEG mu rhythm reactivity in children at an early age with different level of receptive speech development under conditions of action observation and execution, *Zhurnal vysshei nervnoi deiatelnosti imeni I. P. Pavlova*, **70**(3), 422 (2020).
60. Nyström P., Ljunghammar T., Rosander K., Von Hofsten C. Using mu rhythm desynchronization to measure mirror neuron activity in infants, *Dev. Sci.*, **14**(2), 327 (2011).
61. Sreedharan S., Arun K. M., Sylaja P. N., Kesavadas C., Sitaram R. Functional Connectivity of Language Regions of Stroke Patients with Expressive Aphasia During Real-Time Functional Magnetic Resonance Imaging Based Neurofeedback, *Brain connectivity.*, **9**(8), 613 (2019).
62. Eismont E. V., Nacharova M. A., Nikiforova E. V. Optimization of psychophysiological state of children with delayed speech development using EEG biofeedback, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5** (71, 4), 214 (2019).

**УДК 502.7.05+502.056**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-163-178**

## **ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ЗАЛЕСЁННОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ЛОСЯ В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ КУЗБАССА**

*Просеков А. Ю.*

*Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия*

*E-mail: a.prosekov@rambler.ru*

Фрагментация, деградация и утрата естественной среды обитания животных признаются серьёзными угрозами сохранению дикой природы во всём мире. Леса служат необходимой кормовой базой для питания лося и местом его обитания. Статья посвящена вопросам оценки численности популяции лося на территории двух муниципальных районов Кузбасса – Крапивинского и Топкинского. Представлены некоторые результаты по мониторингу существующих данных Схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий Кемеровской области – Кузбасса. Два рассматриваемых района территориально близко расположены к промышленной зоне региона. Установлено, что техногенное влияние промышленных предприятий области оказывает существенное влияние на состояние лесного покрова. На основе анализа сравнительных данных по численности охотничьих видов в различных экономических зонах Кемеровской области формулируется вывод о наличии взаимосвязи между неравномерным ростом и/или снижением численности животных на территории охотничьих угодий и уровнем залесённости.

**Ключевые слова:** Рациональное использование природных ресурсов, лоси, изменения природных ландшафтов, залесённость, миграция лосей, крупные животные, Кузбасс.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Повсеместная вырубка лесов является глобальной экологической проблемой. Стремительное уничтожение лесных массивов затрагивает всю экосистему и приводит к исчезновению уникальной флоры и фауны.

Настоящая статья посвящена вопросам оценки численности популяции лося с учётом фактора влияния уровня залесённости на территории двух муниципальных районов Кузбасса – Крапивинского и Топкинского. Кемеровская область – Кузбасс расположена на юго-востоке Западной Сибири. Область занимает площадь 95,7 тыс. км<sup>2</sup>, в том числе: 56,0 % – леса, 27,709 % – сельскохозяйственные угодья, 16,3 % – прочие земли. Леса охватывают более половины территории Кузбасса. Травянистая растительность представлена степями, лугами и торфяными болотами. Леса Кемеровской области произрастают на землях лесного фонда, особо охраняемых природных территориях (ООПТ), населённых пунктах, объектах обороны и безопасности. Рисунок 1 раскрывает схематический контур Кемеровской области – Кузбасса с обведённым абрисом двух выделенных районов (01 – Крапивинский и 02 – Топкинский), которые обсуждаются в статье по распределению зон обитания лося. На карту нанесена штриховка в некоторых районах, наиболее

промышленно освоенных (05 – Ленинск-Кузнецкий, 12 – Междуреченский; 13 – Беловский; 14 – Новокузнецкий; 19 – Прокопьевский).

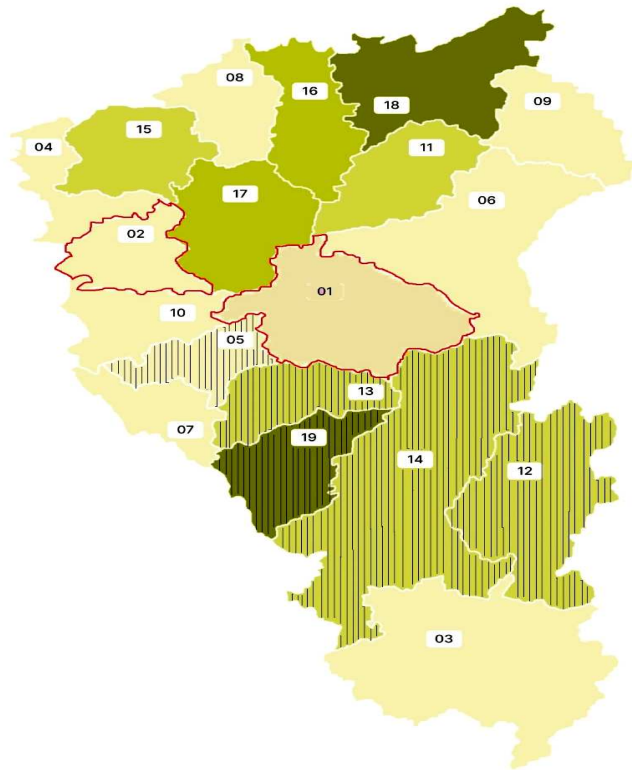


Рис. 1. Общие показатели залесённости в Кемеровской области – Кузбассе.

На представленной карте условно, в рабочем порядке, в целях нашего исследования всем районам даны номера от 01 до 19. Так, общая площадь залесённости равна 7 032 347 га. Падение залесённости за период с 2015 по 2019 гг. составляет – 0,32 %. Заштрихованные участки представляют собой промышленные зоны данной территории, шахтёрские города. В них находятся самые крупные шахты Кузбасса. Два рассматриваемых района (*Крапивинский* и *Топкинский*) расположены вблизи промышленной зоны области. Исходя из данных об уровне лесистости, важно учитывать техногенное воздействие промышленных предприятий региона на состояние лесного покрова, которое непосредственно влияет на особенности питания, положение кормовой базы лося как вида.

В настоящее время фрагментация, деградация и утрата естественных мест обитания животных признаются серьезными угрозами сохранению дикой природы во всём мире [1]. Прежде всего, эти изменения носят антропогенный характер и непосредственно затрагивают леса как среду обитания животных и их пищевое поведение, кормовую базу [2, 3]. Эта проблематика актуализируется в современных

работах отечественных и зарубежных ученых [4, 5]. Заметно возрос интерес к глобальным лесным экологическим проблемам [6, 7]. Сегодня весьма актуальным представляется оценка разнообразия лесного покрова по данным дистанционного зондирования [8, 9]. В связи с увеличением антропогенной нагрузки на природные комплексы и леса возникает необходимость детального изучения закономерностей влияния различных факторов на динамику численности популяции диких животных.

Лось (*Alces alces*), в свою очередь, как объект исследования является не только одним из самых популярных охотничьих видов, но и играет значительную роль в развитии лесных экосистем. Лоси широко распространены по всему миру, включая Скандинавский полуостров, Аляску, европейскую часть России и Западную Сибирь (включая Кемеровскую область – Кузбасс) [10–13]. Лось — ценное промысловое животное, обладающее многими полезными для человека качествами. Наиболее благоприятными условиями для обитания лосей являются участки южной тайги и смешанных лесов, отличающиеся мозаичностью ландшафта. Лоси населяют леса, ивы на берегах степных озер, поймы рек в лесостепи; они также любят прохладные хвойные леса, где есть болотистая почва. Эти животные хорошо приспосабливаются к изменяющимся условиям окружающей среды. Учеными проделана большая работа по изучению популяционной биологии, экологии, миграционной активности лося [14–16]. Существует достаточное количество исследований влияния климатических факторов, хищничества и добычи лосей [17–21]. Все эти вопросы входят в проблематику экологического мониторинга.

В нашей предыдущей статье мы касались проблемы эффективности методов мониторинга крупных животных, в том числе лосей [10]. Результатом обзора стал вывод об актуальности и эффективности применения цифровых методов при подсчёте лосей. Использование беспилотных летательных аппаратов признаётся весьма перспективным методом при сборе геопространственных данных. Беспилотные летательные системы позволяют провести эффективный мониторинг количества и распространения животных, осуществить выявление патологии лесов, исходя из рельефа местности, а также планировать прокладку новых маршрутов патрулирования с учётом вида передвижения (пеший / на транспорте) и многое другое.

В настоящей работе представлены конкретные результаты по мониторингу существующих данных Схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Кемеровской области – Кузбасса [22]. Изучение биогеографии животных в конкретных условиях, т. е. размещение популяции животных на территории, различных участках суши необходимо для дальнейшего планирования эффективного охотпользования. Рассмотрение тропления и знание следов диких животных являются весомыми моментами ведения охотничьего хозяйства, а также существенными показателями для комплексных оценок охотничьих угодий, потенциала охотничьих видов животных.

Целью исследования является оценка влияния уровня залесённости на численность и распространение лосей (*Alces*) в некоторых районах Кузбасса.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использовали официальные данные по учёту численности животных на территории двух муниципальных районов Кузбасса – Крапивинского и Топкинского, которые были получены посредством применения традиционных методов подсчёта животных (ЗМУ и т.п.). Источником данных является Департамент по охране объектов животного мира Кемеровской области. Для анализа изменения уровня залесённости использованы методы ДЗЗ (дистанционного зондирования земли), применён инструментарий ГИС. Специалисты Института Цифры Кемеровского государственного университета [23] являются разработчиками платформы геоинформационной системы «Кузбасс», которая охватывает широкий круг вопросов цифровизации региона, использования беспилотных летательных аппаратов при решении различных управленческих, аналитических и экономических задач территорий Кузбасса.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Площадь охотничьих угодий Кемеровской области – Кузбасса составляет 7705,74 тыс. га, из них 5720,64 тыс. га предоставлено юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям для долгосрочного пользования объектами животного мира. При бонитировке территории для лося оценке подлежат лесные угодья, расположенные крупными массивами, и для расчетов используют только площадь леса и лесных болот, а также зарастающие пустоши и ивняковые заросли. К категории хороших лосиных угодий относятся:

а) молодняки с преобладанием в составе сосны и осины, с подлеском из ивы, крушины, можжевельника и покровом из лесного разнотравья;

б) заросли ивы, черемухи, крушины с богатым травяным покровом, а также вырубки и гари с хорошим возобновлением сосны, осины, ивы, рябины и других кормовых пород. Для описания бонитировки охотугодий лося была использована шкала Д. Н. Данилова (1960) [24], таблица 1.

Таблица 1

### Шкала оптимальной численности лося в угодьях разных бонитетов

Показатели бонитета	1	2	3	4	5
Плотность на 1000 га лесных угодий	11–17	10–6	6–4	4–2	Менее 2
Средняя плотность для класса бонитета	14	8	5	3	1

Исходя из оптимальной плотности охотничьей фауны и площади угодий определенного бонитета, рассчитывается оптимальная численность их поголовья в хозяйстве. Данные угодья относятся к III классу бонитета, плотность населения лося на 1 000 га составляет 5 особей.

На рисунке 2 актуализирована динамика численности охотничьих видов и уровень залесённости Крапивинского муниципального округа.

Общая площадь Крапивинского муниципального округа составляет 689 911 га. На территории находятся следующие охотничьи угодья: двенадцать закреплённых

охотничьих угодий (560 673 га), три общедоступные охотничьи угодья (56 348 га) и две особо охраняемые природные территории (70 689 га).



Рис. 2. Динамика численности охотничьих видов и уровень залесённости Крапивинского муниципального округа.

Исходя из представленных данных, обнаруживается важное противоречие: численность крупных животных увеличивается, уровень лесного покрова постепенно снижается. Мы не располагаем достаточной информацией, чтобы полностью объяснить это явление. Представляется перспективным и необходимым проведение комплексного исследования с более точными оценками.

На рисунке 3 представлена визуализация границы общедоступных охотничьих угодий Крапивинского муниципального округа № 1 в виде скрина экрана из геоинформационной системы.

Общедоступные охотничьи угодья Крапивинского муниципального округа № 1 охватывают следующую территорию. Северная граница тянется от пересечения реки Томь и реки Тайдон. С тех пор она проходит против течения реки Тайдон на юго-восток до пересечения с рекой Улуманда.

Юго-восточная граница тянется от реки Улуманда на юго-запад до пересечения с юго-восточной границей 85 квартала, далее проходит по ней на юг, пересекая на юго-запад 87 квартала Медвежского урочища (участкового Лесничества Медвежское) до лесной дороги на правом берегу реки Томь в точке 54°50'54.0"N 87°03'52.2"E. С тех пор граница проходит по лесной дороге на юго-восток до юго-восточной границы

с. Салтымаково. Западная граница тянется от юго-восточной границы с. Салтымаково по течению реки Томь до пересечения реки Томь и реки Тайдон.



Рис. 3. Визуализация границ общедоступных охотничьих угодий Крапивинского муниципального округа № 1.

Площадь участка составляет 8 328 га, не считая населенных пунктов, расположенных в его границах.

Таблица 3 показывает динамику численности охотничьих видов Крапивинского муниципального округа за период 2015–2019 гг.

Таблица 3

**Динамика численности популяции копытных Крапивинского муниципального округа (2015-2019 гг.)**

Копытные животные, особей	2015	2016	2017	2018	2019
Косуля сибирская	70	296	227	19	100
Лось	177	491	498	497	465
Олень благородный	0	0	0	0	26
Итого	247	787	725	516	591

Источник: Департамент по охране объектов животного мира Кемеровской области [25]



## ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ЗАЛЕСЁННОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ...

Данные таблицы демонстрируют достаточно стабильную картину динамики численности копытных (Ungulata) Крапивинского муниципального округа (2015–2019 гг.). При этом раскрывается общая тенденция к увеличению численности каждой отдельной популяции из года в год. Пиком роста численности копытных стал 2016 год: общее число животных достигло 787 особей.

В 2017 году численность популяции лосей достигла своего максимума в указанный период, в то время как количество особей косули сибирской (*Capreolus pygargus*) оказалось подвержено спаду (227 особей) по сравнению с 2016 годом (296 особей). Прирост по лосю (2015–2019 гг.) составил 163 %; прирост по косуле сибирской – 43 %. Данных по численности популяции благородного оленя (*Cervus elaphus*) на протяжении 2015–2018 гг. не зафиксировано. Только лишь 2019 год отмечен конкретными цифрами (26 особей). Такая ситуация может быть объяснена факторами браконьерства или не соответствия зимнего учета видов с реальной численностью их популяций.

В таблице 4 представлены площадь самих закреплённых охотничьих угодий Крапивинского муниципального района и площадь лесов данной территории.

**Таблица 4**  
**Залесённость территории закреплённых охотничьих угодий**  
**Крапивинского муниципального округа**

Муниципальный округ	Закреплённое охотничье угодье	Площадь охотничьего угодья, га	Залесённость, га (на 2000 г.)
Крапивинский	Барачатский обход	10748,95	1819,91
	Каменский обход	19208,52	7665,55
	Крапивинская жемчужина Крапивинский района	40240,67	40240,67
	Крапивинский обход	60454,92	42661,83
	Охотхозяйство «Абат»	71769,99	71769,99
	Охотхозяйство «Бело-Осиповское»	47759,6	46476,68
	Охотхозяйство «Воскресенка»	51681,32	51681,32
	Охотхозяйство «Тайдонское» КООО «Охотобщество Мурюкское»	141873,45	140473,9

Так, например, площадь залесённости закреплённого охотничьего угодья «Крапивинский обход» составляет 42661,83 га. При этом на территории данного угодья обитает лось в количестве 53 особей (на 2019 г.). Зная площадь лесов и

разделив её на поголовье существующей популяции лося, было определено, что на одного лося приходится 805 га площади лесного покрова, что обеспечивает достаточно хорошую кормовую базу для лося.

Рисунок 4 раскрывает динамику численности охотничьих видов, в том числе лосей, и уровень залесённости Топкинского муниципального округа.



Рис. 4. Динамика численности охотничьих видов и уровень залесённости Топкинского муниципального округа.

Общая площадь Топкинского муниципального округа составляет 277 023 га.

На территории находятся девять закреплённых охотничьих угодий (261 700 га) и одна особо охраняемая природная территория (8 430 га). Исходя из представленных данных, можно обнаружить повторяющуюся тенденцию несоразмерности увеличения численности копытных животных и уровня залесённости: сохраняется увеличение популяции копытных при снижении уровня лесного покрова.

Таблица 5 актуализирует динамику численности охотничьих видов по каждому животному Топкинского муниципального округа района за период 2015–2019 гг.

В таблице хорошо видна общая единообразная для двух районов Кузбасса тенденция к увеличению численности популяции лося и косули. Рост численности копытных достиг своего пика в 2016 году.

Таблица 5

**Динамика численности копытных животных  
Топкинского муниципального округа (2015-2019 гг.)**

Копытные животные, особей	2015	2016	2017	2018	2019
Кабан	88	54	54	30	29
Косуля сибирская	373	613	325	484	558
Лось	133	248	194	196	250
Итого	594	915	573	710	837

Источник: Департамент по охране объектов животного мира Кемеровской области [25]

Высшей точкой роста численности лосей является 2019 год, в то время как динамика численности кабана (*Sus scrofa*) отмечена падением (29) по сравнению с периодом 2015 года (88 особей).

Прирост по лосю (2015–2019 гг.) составляет 88 %; прирост по косуле сибирской – 50 %; убыль по кабану – 67 %. У нас не так много информации, чтобы объяснить это явление.

Предпосылками такого соотношения могут служить различные явления: неточность данных зимнего учета животных, их несоответствие реальной численности популяции на территории. Предполагается, что в долгосрочной перспективе увеличение численности видов потребует расширения ареалов обитания.

В таблице 6 представлены площадь закрепленных охотничьих угодий Топкинского муниципального района и площадь лесов данной территории.

Площадь залесённости закреплённого охотничьего угодья «Шишинский обход» составляет 20909,64 га. При этом на территории данного угодья обитают копытные, численность которых составляет 141 особь (на 2019 г). Зная площадь лесов и разделив её на поголовье существующей популяции копытных, было определено, что на одного члена группы копытных животных приходится 148 га площади лесного покрова, что существенно ограничивает кормовые ресурсы и полноценное питание для копытных, в том числе лосей.

В качестве примера распределения направлений движения вида даны координаты зимних маршрутов учета Шишинского обхода Топкинского муниципального округа.

Результат представлен в виде скрина экрана из геоинформационной системы с изображением границы охотничьих угодий и зимних маршрутов учета в удобном масштабе – рисунок 5.

**Таблица 6**

**Залесённость территории закреплённых охотничьих угодий  
Топкинского муниципального округа**

Муниципальный округ	Закреплённое охотничье угодье	Площадь охотничьего угодья, га	Залесённость, га (на 2000 г.)
Топкинский	Зарубинский обход	34233,52	11475,16
	Охотхозяйство «Катковское»	22828,83	9443,03
	Сибконкорд (участок Левососновский)	5563,38	1206,51
	Сибконкорд (участок Усть-Сосновский)	28998,63	15217,89
	Стрелинский обход	11958,71	6211,25
	Хорошеборский обход	29273,43	12293,34
	Цыпинский обход	37085,37	12424,65
	Черемиченский обход	43306,04	15615,26
	Шишинский обход	53350,33	20909,64



Рис. 5. Зимние маршруты учета Шишинского обхода Кемеровской области – Кузбасса.

На рисунке красной линией обозначена граница охотничьих угодий и особо охраняемых природных территорий. Голубая линия выделяет зимний маршрут учёта.

Зимние маршруты учёта были зафиксированы на картографическом материале в соответствии с предоставленными координатами от Департамента по охране объектов животного мира Кемеровской области. Наблюдение за зимними маршрутами по следам копытных – один из старейших методов мониторинга крупных животных, который используется для отслеживания изменений в траектории движения животного, среде обитания, зимних убежищах, местах размножения и определения численности популяции. Основными преимуществами этого метода являются возможность длительного использования, низкие финансовые затраты и целесообразность. При этом в перечень недостатков входит возникновение ошибок и недостоверность полученных данных, значение которых не является стабильным, а также наличие человеческого фактора (см. подробнее в работах [26–32]). Сегодня одной из тенденций в области учёта животных является внедрение современных способов мониторинга и контроля за природным миром.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основе изучения данных мониторинга, анализа сравнительных материалов по численности охотничьих видов в различных экономических зонах Кемеровской области можно говорить о наличии техногенного влияния на состояние лесного покрова региона, который служит необходимой кормовой базой для существования охотничьих видов животных.

Площадь охраняемых территорий в Крапивинском округе составляет 70 689 га, а в Топкинском муниципальном округе – только 8,4 га. Мигрируя с ООПТ в охотничьи угодья, лось становится предметом охоты. Поэтому его численность в два раза почти меньше в Топкинском округе, поскольку 8,4 га ООПТ не могут обеспечить ему полноценную защиту и кормовую базу.

Проведённое исследование подтверждает и дополняет исследования российских и зарубежных исследователей по комплексному влиянию антропогенных и биологических факторов на изменение параметров популяции охотничьих видов (лосей). Полученные результаты приносят вклад в современные исследования механизмов регуляции популяции лося. Для повышения эффективности использования охотничьих ресурсов необходимо проводить внутрихозяйственное управление с внедрением новых способов оценки качества земель на основе лесохозяйственных материалов в геоинформационных системах.

### **Список литературы**

1. Gaveau D. L. A. Rapid conversions and avoided deforestation: Examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo / D. L. A. Gaveau, D. Sheil, M. A. Salim [et al.] // *Sci. Rep.* – 2016. – No 6. – P. 32017. <https://doi.org/10.1038/srep32017>
2. Hosonuma N. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries / N. Hosonuma, M. Herold, Sy, V. De [et al.] // *Environ. Res. Lett.* – 2012. – № 7. – P. 4009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044009>

3. Margono B. A. Primary forest cover loss in indonesia over 2000–2012. / B.A. Margono, P.V. Potapov, S. Turubanova [et al.] // Nat. Clim. Chang. – 2014. – №4. – P. 730–5. <https://doi.org/10.1038/nclimate2277>
4. Варнаков А. П. Оценка ущерба, причиненного охотничьим животным и их среде обитания хозяйственной деятельностью человека / А. П. Варнаков // Вестник охотоведения. – 2008. – Т5, №2. – С. 187–197.
5. Gaveau D. L. A. Overlapping Land Claims Limit the Use of Satellites to Monitor No-Deforestation Commitments and No-Burning Compliance. / D. L. A. Gaveau, R. Pirard, M. A. Salim [et al.] // Conserv. Lett. – 2017. – № 10. – P. 257–264. <https://doi.org/10.1111/conl.12256>
6. Отмахов Ю. С. Антропогенная трансформация растительных сообществ сосновых лесов в городской среде / Ю. С. Отмахов, Т. С. Черникова, Б. А. Третьяков // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2018. – №41. – С. 75–95.
7. Гибадуллин Р. З. Подходы сохранения биоразнообразия лесных экосистем в малолесистых районах Среднего Поволжья / Р. З. Гибадуллин, И. Р. Галиуллин, И. М. Хабибуллин [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – 2019. – №2. – С. 91–94.
8. Васильев О. Д. Оценка ценотического разнообразия лесного покрова и его динамики в эталонных ландшафтах Московского региона по данным дистанционного зондирования / О. Д. Васильев, Г. Н. Огурева, С. В. Чистов // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2019. – №2. – С. 185–205.
9. Тон Ш. Изменение пространственной структуры мангрового леса полуострова Камау (Южный Вьетнам) / Ш. Тон, Д. В. Добрынин, В. О. Мокиевский // Экосистемы: экология и динамика. – 2020. – №2. – С. 82–95.
10. Prosekov A. Yu. Methods for Monitoring Large Terrestrial Animals in the Wild. / A. Yu. Prosekov, A. D. Kuznetsov, A. O. Rada, S. A. Ivanova // Forests. – 2020. – №11, 8. – P. 808.
11. Skalon N. Features of seasonal migrations and wintering of epy elks (*Alces alces*) in the Kuznetsk-Salair mountain region / N. Skalon, P. Stepanov, A. Prosekov // In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 012020International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions (SDCBR 2019). – Barnaul, Russia, 19–20 April 2019. – Vol. 395. – P. 156286.
12. Skalon N. V. Zveri Sibiri [Animals of Siberia]; / Skalon N. V., Skalon T. A. – SPPE «Kuzbass»: Кемерово, Russia, 2008. (In Russian).
13. Красная книга Кемеровской области: в 2-х т. Т. 2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. 2-е изд-е, перераб. и доп. / под ред. Н. В. Скалона. – Кемерово: Азия принт, 2012. – 192 с.
14. Глушков В. М. Лось. Экология и управление популяциями / В. М. Глушков.– Киров: ВНИИОЗ им. Б. М. Житкова, 2001. – 317 с.
15. Зайков В. А. Состояние популяции лося (*alces alces*) в Каргопольском районе Архангельской области / В. А. Зайков, В. В. Беляев // Arct. Evironmental Res. – 2015. – №1. – С. 79–83.
16. Скалон Н. В. Динамика численности лося, медведя и волка в Кузбассе во второй половине XX-начале XXI веков / Н. В. Скалон, П. Г. Степанов, А. Ю. Просеков // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». – 2020. – № 1 (57). – С. 128–138.
17. Чайкин С. А. Динамика возрастного состава и репродуктивных показателей популяции лося Европейского (*Alces alces* L., 1758) на территории Пермского края / С. А. Чайкин, А. Ф. Храмов, Т. Л. Егошина // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2015. – №3. – С. 77–84.
18. Ловелиус Н. В. Лицензионная добыча лося в России и глобальные факторы природной среды / Н. В. Ловелиус // Общество. Среда. Развитие (Тerra Humana). – 2017. – №1 (42). – С. 97–100.
19. Беляков В. В. Пути оптимизации использования популяций лося и благородного оленя в Калининградской области / В. В. Беляков // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2008. – №1. – С. 90–95.
20. Кривошапкин А. А. Материалы по динамике численности лося (*Alces Alces* L.) в Центральной Якутии / А. А. Кривошапкин // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. – 2017. – №2 (58). – С. 5–15.
21. Бондарев А. Я. О динамике численности волка и лося в Западной Сибири / А. Я. Бондарев, В. Б. Журавлев, В. Ю. Петров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – №7 (105). – С. 56–62.

22. Постановление Губернатора Кемеровской области от 08.11.2016 №80-ПГ «Об утверждении Схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Кемеровской области». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://depoozm.ru/index.php/dokumenty/58-postanovleniya-i-rasporuzheniya-gubernatora-keмеровskoj-oblasti/327-docs\\_327](https://depoozm.ru/index.php/dokumenty/58-postanovleniya-i-rasporuzheniya-gubernatora-keмеровskoj-oblasti/327-docs_327) (дата обращения: 18.08.2020).
23. Сайт Института Цифры Кемеровского государственного университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kemsu.ru/university/structure/institutes/Institute-of-digit/>. (дата обращения: 18.08.2020).
24. Данилов Д. Н. Принципы типологии и бонитировки охотничьих угодий / Д. Н. Данилов // Труды ВНИИО выпуск XII, Вопросы биологии пушных зверей. – М.: Заготиздат, 1953. – С. 48–90.
25. Департамент по охране объектов животного мира Кемеровской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://depoozm.ru/> (дата обращения: 18.08.2020).
26. Bobek B. Winter food and cover refuges of large ungulates in lowland forests of south-western Poland. / B. Bobek, D. Merta, J. Furtek // For. Ecol. Manage. – 2016. – №359. – P. 247–255. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.09.050>
27. Sugimoto T. Winter food habits of sympatric carnivores, Amur tigers and Far Eastern leopards, in the Russian Far East / T. Sugimoto, V. V. Aramilev, J. Nagata [et al.] // Mamm. Biol. – 2016. – №81. – P. 214–218. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.12.002>
28. Pacyna A. D. Evaluation of the use of reindeer droppings for monitoring essential and non-essential elements in the polar terrestrial environment / A. D. Pacyna, M. Frankowski, K. Koziol [et al.] // Sci. Total Environ. – 2019. – P. 658. – P. 1209–1218. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.232>
29. Arsenault A. Demographic Status of Moose populations in the boreal plain Ecozone of Canada. Alces A J. Devoted / A. Arsenault, A. R. Rodgers, K. Whaley // Manag. Moose. – 2020. – №55. – P. 43–60. – ISSN: 2293-6629.
30. Obermoller T. R. Maternal Behavior Indicates Survival and Cause-Specific Mortality of Moose Calves / T. R. Obermoller, G. D. Delgiudice, W. J. Severud // J. Wildl. Manage. – 2019. – № 83. – P. 790–800. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21658>
31. Rickbeil G. J. M. Plasticity in elk migration timing is a response to changing environmental conditions / G. J. M. Rickbeil, J. A. Merkle, G. Anderson [et al.] // Glob. Chang. Biol. – 2019. – №25. – P. 2368–2381. <https://doi.org/10.1111/gcb.14629>
32. Popescu V. D. Assessing biological realism of wildlife population estimates in data-poor systems / V. D. Popescu, K. A. Artelle, M. I. Pop [et al.] // J. Appl. Ecol. – 2016. – №53. – P. 1248–1259. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12660>

## EFFECT OF FOREST COVERAGE ON THE DYNAMICS OF ELK POPULATION IN SOME AREAS OF KUZBASS

*Prosekov A. Yu.*

*Kemerovo State University, Kemerovo, Russia  
E-mail: a.prosekov@rambler.ru*

Forests are a unique environmental phenomenon, since their space serves as the fundamental basis for the life of an innumerable number of biological species. Significant integral limited territories of forests are important ecosystems of our planet and have a significant impact on climate and biological processes. Mixed or single-breed, mountain or plain, dense or well-groomed, the forest as a self-regulating system with its life cycle is directly related to the natural balance.

Currently, fragmentation, degradation and loss of natural habitats of animals are recognized as serious threats to the conservation of wildlife around the world. First of all,

these changes are anthropogenic in nature and directly affect forests as a sphere of existence of the animal world. This issue is updated in the works of modern domestic and foreign scientists.

Fragmentation, deterioration, and destruction of natural animal habitats are major threats to global wildlife conservation. The article introduces some results of monitoring the existing data on the layout chart, exportation, and protection of hunting grounds on the territory of the Kemerovo region (Kuzbass).

The data were provided by the Kemerovo Regional Department of Wildlife Protection. The article focuses on the population of large game species, e.g. elks.

The research covered two municipalities, namely Krapivinsky and Topkinsky municipal districts. The study proved that monitoring data analysis can provide reliable initial assessment of the changes that happen to the hunting grounds and the local biodiversity as a result of natural and man-induced processes.

A comparative analysis of game population in several economic zones of the Kemerovo region revealed a strong connection between the uneven growth and / or decrease in the animal population on the hunting grounds and the level of forest coverage. Based on the study of monitoring data, analysis of comparative material on the number of hunting species in different economic zones of the Kemerovo region revealed the existence of natural connections between uneven growth and/or reducing the number of animals on the hunting grounds, and's forest coverage rate.

The study confirms and complements the research of Russian and foreign researchers on the complex influence of anthropogenic and biological factors on changes in the parameters of the population of hunting species (elk).

The obtained results contribute to modern research on the mechanisms of population regulation. To improve the efficiency of hunting resources use, it is necessary to conduct on-farm management with the introduction of new methods of land quality assessment based on forest management materials in geoinformation systems. These points fit into the prospects of our further research.

**Keywords:** rational use of natural resources, elk, changes in natural landscapes, migration of elks, large animals, Kuzbass.

## References

1. Gaveau D. L. A., Sheil D., Husnayaen, Salim M. A., Arjasakusuma S., Ancrenaz M., Pacheco P., Meijaard E. Rapid conversions and avoided deforestation: Examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo, *Sci. Rep.* **6**, 32017 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep32017>
2. Hosonuma N., Herold M., De Sy V., De Fries R. S., Brockhaus M., Verchot L., Angelsen A., Romijn E. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries, *Environ. Res. Lett.*, **7**, 4009 (2012).
3. Margono B. A., Potapov P. V., Turubanova S., Stolle F., Hansen M. C. Primary forest cover loss in Indonesia over 2000-2012., *Nat. Clim. Chang.* **4**, 730 (2014).
4. Varnakov A. P. Assessment of damage caused to hunting animals and their habitat by human economic activity, *Bulletin of hunting science*, **5(2)**, 187 (2008).
5. Gaveau D. L. A., Pirard R., Salim M. A., Tonoto P., Yaen H., Parks S. A., Carmenta R. Overlapping Land Claims Limit the Use of Satellites to Monitor No-Deforestation Commitments and No-Burning Compliance, *Conserv. Lett.*, **10**, 257 (2017).



6. Otmakhov Yu. S., Chernikova T. S., Tretyakov B. A. Anthropogenic transformation of vegetation in urban pine forests, *Tomsk State University Journal of Biology*, **41**, 75 (2018).
7. Gibadullin R. Z., Galiullin I. R., Habibullin I. R., Shakirov I. N., Akhmadullin A. V. Akhmadullin Approaches of preservation of a Biodiversity of forest ecosystems in low-woody areas of central Volga area, *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, **2**, 91 (2019).
8. Vasil'ev O. D., Ogureeva G. N., CHistov S. V. The assessment of forest cenotic diversity and its dynamics in Moscow region reference landscapes based on remote sensing data. Vestnik of Saint Petersburg University, *Earth Sciences*. **64**, 2, 185 (2019).
9. Sh. Ton D. V. Dobrynin V. O. Mokievskij The change of the spatial structure of mangrove forests of the Peninsula of cà Mau (Vietnam), *Ecosystems: ecology and dynamics*, **2**, 82 (2020).
10. Prosekov A. Yu., Kuznetsov A. D., Rada A. O., Ivanova S. A. Methods for Monitoring Large Terrestrial Animals in the Wild, *Forests*, **11(8)**, 808 (2020)
11. Skalon N., Stepanov P., Prosekov A. *Features of seasonal migrations and wintering of epy elks (Alces alces) in the Kuznetsk-Salair mountain region*. In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 012020International Conference on Sustainable Development of Cross-Border Regions (SDCBR 2019)., Barnaul, Russia, **395**, 156286. (19–20 April 2019).
12. Skalon N. V., Skalon T. A. *Zveri Sibiri [Animals of Siberia]; SPPE «Kuzbass»: Kemerovo, Russia (In Russian, 2008).*
13. *Red Book of the Kemerovo Region: [in 2 tons]: Rare and endangered animal species. 2nd ed., reprint. and add. / order of N. V. Skalon, 192 (Kemerovo: Asia print, 2012).*
14. Glushkov V. M. Elk. *Ecology and population management*, 317 p. (Kirov: VNIIOZ im. B. M. Zhitkov, 2001).
15. Zajkov V. A., Belyaev V. V. On the Moose (Alces alces) Population Status in the Kargopol District of the Arkhangelsk Region, *Arct. Environmental Res. Arkhangelsk*, **1**, 79 (2015).
16. Skalon N. V., Stepanov P. G., Prosekov A. Yu. Dynamics of the number of elk, bear and wolf in Kuzbass in the second half of the XX-early XXI centuries, *Herald Of Tver State University. Series "Biology and ecology"*, **1 (57)**, 128 (2020).
17. Chajkin S. A., Khramov A. F., Egozhina T. L. Dynamics of age structure and breeding potential of Moose (Alces Alces L., 1758) population in Perm Krai, *Bulletin of the Udmurt University. Series «Biology. Earth Science»*, **3**, 77 (2015).
18. Lovelius N. V. Licensed elk production in Russia and global environmental factors, *Society. Wednesday. Development (Terra Humana)*, **1(42)**, 97 (2017).
19. Belyakov V. V. Ways to optimize the use of elk and red deer populations in the Kaliningrad region, *Bulletin of the Baltic Federal University named after I. Kant*, **1**, 90 (2008).
20. Krivoshapkin A. A. Materials on the dynamics of the number of elk (Alces Alces L.) in Central Yakutia, *Bulletin of the North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov*, **2(58)**, 5 (2017).
21. Bondarev A. Ya., Zhuravlev V. B., Petrov V. Yu. On the dynamics of the wolf population and elk in Western Siberia, *Bulletin of the Altai state agrarian University*, **7(105)**, 56 (2013).
22. Resolution of the Governor of the Kemerovo region of 08.11.2016 No. 80-PG «On approval of the scheme of placement, use and protection of hunting grounds on the territory of the Kemerovo region». [Internet-resources]. URL: [https://depoozm.ru/index.php/dokumenty/58-postanovleniya-i-rasporyazheniya-gubernatora-kemerovskoj-oblasti/327-docs\\_327](https://depoozm.ru/index.php/dokumenty/58-postanovleniya-i-rasporyazheniya-gubernatora-kemerovskoj-oblasti/327-docs_327). (accused August 18, 2020). (rus).
23. Website of the Institute of Digits of Kemerovo State University [Internet-resources]. URL: <https://kemsu.ru/university/structure/institutes/Institute-of-digit/>. (accused August 18, 2020). (rus).
24. Danilov D. N. principles of typology and bonitation of hunting grounds, *Proceedings of VNIIO issue XII, Questions of biology of fur – bearing animals*, 48 (M.: Zagotizdat, 1953).
25. Department of Wildlife Protection of the Kemerovo Region [Internet-resources]. URL: <http://depoozm.ru>. <http://depoozm.ru/> (accused August 18, 2020). (rus).
26. Bobek B., Merta D., Furtek J. Winter food and cover refuges of large ungulates in lowland forests of south-western Poland, *For. Ecol. Manage*, **359**, 247 (2016).
27. Sugimoto T., Aramilev V. V., Nagata, J., McCullough D. R. Winter food habits of sympatric carnivores, Amur tigers and Far Eastern leopards, in the Russian Far East, *Mamm. Biol.*, **81**, 214 (2016).

28. Pacyna A. D., Frankowski M., Koziol K., Węgrzyn M. H., Wietrzyk-Pełka P., Lehmann-Konera S., Polkowska Ż. Evaluation of the use of reindeer droppings for monitoring essential and non-essential elements in the polar terrestrial environment., *Sci. Total Environ.*, **658**, 1209 (2019).
29. Arsenault A., Rodgers A. R., Whaley K. Demographic Status of Moose populations in the boreal plain Ecozone of Canada. Alces A J. Devoted, *Manag. Moose.*, **55**, 43 (2020).
30. Obermoller T. R., Delgiudice G. D., Severud W. J. Maternal Behavior Indicates Survival and Cause-Specific Mortality of Moose Calves., *J. Wildl. Manage.*, **83**, 790 (2019).
31. Rickbeil G. J. M., Merkle J. A., Anderson G., Atwood M. P., Beckmann J. P., Cole E. K., Courtemanch A. B., Dewey S., Gustine D. D., Kauffman M. J., McWhirter D. E., Mong T., Proffitt K., White P. J., Middleton A. D. Plasticity in elk migration timing is a response to changing environmental conditions. *Glob. Chang. Biol.*, **25**, 2368 (2019).
32. Popescu V. D., Artelle K. A., Pop M. I., Manolache S., Rozyłowicz L. Assessing biological realism of wildlife population estimates in data-poor systems, *J. Appl. Ecol.*, **53**, 1248 (2016).

**УДК 582.28 (476)**

**ФИТОТРОФНАЯ ПАРАЗИТИЧЕСКАЯ МИКОБИОТА  
ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПАРКА РЕГИОНАЛЬНОГО  
ЗНАЧЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ «БИТАК»**

*Просьянникова И. Б., Арсланова Э. Ф.*

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

На территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Битак» Симферопольского района Республики Крым (Россия) зарегистрировано 168 видов из 139 родов и 42 семейств и двух отделов (Pinophyta и Magnoliophyta) высших сосудистых растений, что составляет 6,6 % от 2536 видов флоры Крыма. Ведущими семействами высших растений по количеству видов являются семейства: Asteraceae, представленные 28 видами, Rosaceae – 22 вида, Lamiaceae – 18 видов, Fabaceae и Rosaceae по 12 видов, соответственно. В совокупности указанные семейства составляют 55,7 % от общего количества видов растений Парка. На остальные 37 семейств высших растений данного объекта ООПТ приходится 59 видов. На растениях парка «Битак» были обнаружены 29 видов фитотрофных паразитных грибов из 14 родов, 8 семейств, 5 порядков и 4 классов, принадлежащих к 3-м отделам грибов и грибоподобных организмов. Выявлено 5 видов грибов-паразитов растений, впервые зафиксированных для Предгорного Крыма. Фитопатогенные грибы зарегистрированы на представителях 28 видах питающих растений из 14 семейств одного отдела (Magnoliophyta) преимущественно класса Двудольные (Magnoliopsida) (10 семейств), класс Однодольные (Liliopsida) представлен 4 семействами. Наиболее поражаемыми семействами являются Rosaceae (8 видов грибов) и Rosaceae (6 видов), что составляет 48,3 % от общего количества видов грибов-паразитов, обнаруженных на территории парка.

**Ключевые слова:** флористический состав, фитотрофная паразитная микобиота, Предгорный Крым, ландшафтно-рекреационный парк регионального значения «Битак», аннотированный список.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сохранение и восстановление природных систем является одним из приоритетных направлений деятельности государства и общества и для того, чтобы обеспечить эффективное сохранение особо охраняемых природных территорий (ООПТ), необходимо предварительно детально изучить все их объекты. С учетом того, что слабо затронутые деятельностью человека растительные сообщества заказников, урочищ, памятников природы, ландшафтных и региональных парков могут являться моделью природных фитоценозов, особенное значение приобретает изучение паразитической микобиоты объектов ООПТ Крыма как неотъемлемой составной части любой природной экосистемы [1].

Во избежание и для предупреждения эпифитотийного распространения паразитических микромицетов необходимо своевременно проводить инвентаризацию их видового состава с целью выявления новых, малоизученных и

потенциально опасных для культурных растений возбудителей болезней растений. Периодическое изучение видового состава этих организмов является актуальным, особенно это касается объектов ООПТ малоизученных в микологическом отношении. К одним из таких объектов относятся ООПТ Предгорного Крыма, среди которых находится ландшафтно-рекреационный парк «Битак» (далее – Парк), созданный 27 февраля 2013 года. Общая площадь парка «Битак» составляет 55,0 га, он расположен на территории муниципального образования Симферопольского района, в юго-восточной части города Симферополя, выше объездной автодороги, соединяющей Феодосийское и Ялтинское направления, и севернее Симферопольского водохранилища (рис. 1) [2].

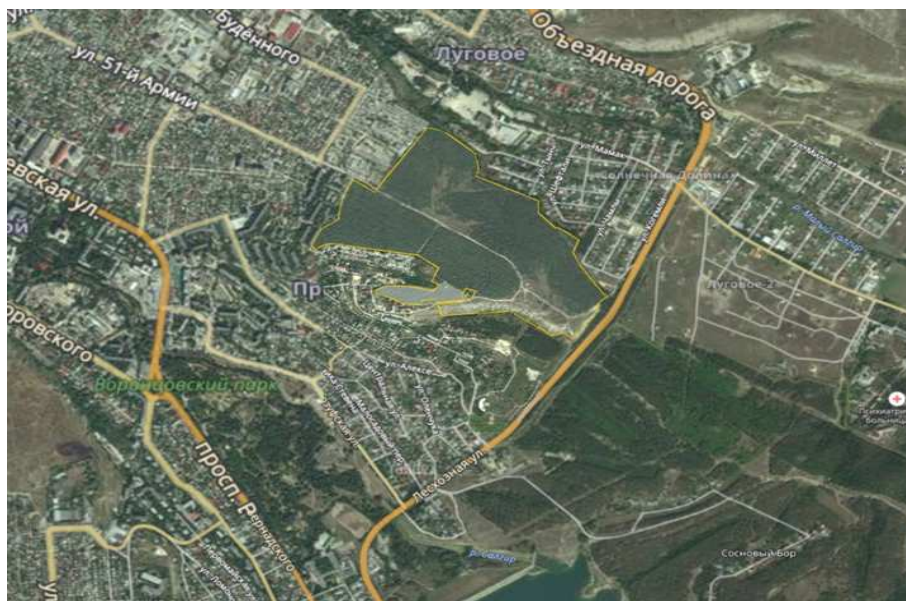


Рис. 1. Карта-схема ландшафтно-рекреационного парка «Битак» (Республика Крым, Россия) [<https://www.google.ru/maps>].

Изучение видового состава фитотрофной паразитической микобиоты в ландшафтно-рекреационном парке «Битак» ранее не проводилось, в связи с чем нами была осуществлена первичная инвентаризация видового состава фитотрофных облигатно-паразитных грибов Парка и составлен аннотированный список грибов-паразитов растений.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть работы выполнена на базе кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий Таврической академии (СП) КФУ имени В. И. Вернадского (ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского») и на территории

ландшафтно-рекреационного парка «Битак» Республики Крым в течение вегетационных сезонов 2018–2019 гг.

Для идентификации видов грибов-паразитов растений были использованы определители и справочная литература [3–13]. Видовые названия питающих растений представлены в соответствии со сводкой «The Plant List» [14], а видовые названия микромицетов приведены в соответствии с интерактивными международными сводками «Mycobank» [15] и «Index fungorum» [16].

Предварительно микологический материал просматривали с помощью микроскопа-бинокля стереоскопического SZN71, Soptop (Китай), а фотофиксацию пораженных участков растений, микропрепаратов спор, мицелия и плодовых тел проводили с помощью фотонасадки, установленной на микроскоп медицинский прямой CX31RTSF, Olympus (Филиппины).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований за вегетационные сезоны 2018–2019 гг. было обнаружено и определено 168 видов из 139 родов и 42 семейств и двух отделов (Pinophyta и Magnoliophyta) высших сосудистых растений, что составляет 6,6 % от 2536 видов флоры Крыма [17].

Было выявлено, что на территории ландшафтно-рекреационного парка «Битак» ведущими семействами высших растений по количеству видов являются семейства: Asteraceae, представленное 28 видами, Poaceae – 22 вида, Lamiaceae – 18 видов, Fabaceae и Rosaceae (по 12 видов соответственно). На остальные 37 семейств высших растений данного объекта ООПТ приходится 59 вида.

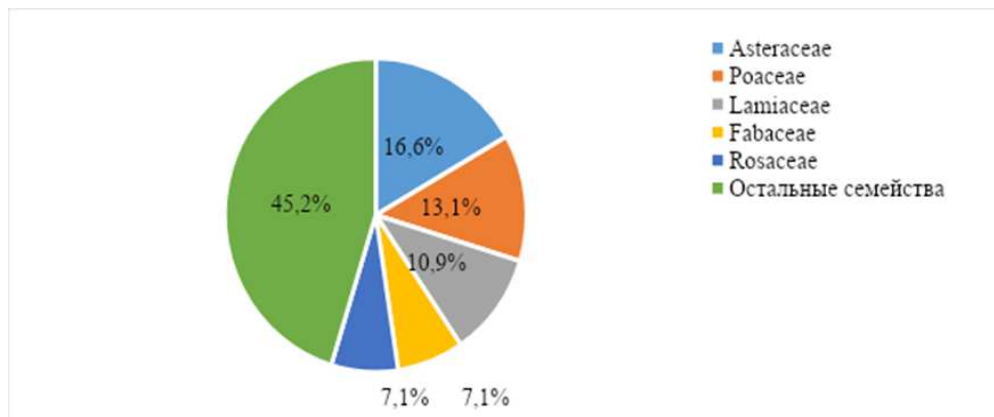


Рис. 2. Соотношение между семействами по видам высших растений, произрастающих на территории ландшафтно-рекреационного парка «Битак» (%).

Таким образом, на основании данных рисунка 2 можно сделать вывод, что доля ведущих семейств высших растений (Asteraceae, Poaceae, Lamiaceae, Fabaceae и Rosaceae), играющих значительную роль в формировании растительных сообществ на территории ландшафтно-рекреационного парка «Битак», составляет 55,7 % от

общего количества зарегистрированных семейств, а вклад остальных 37 семейств равен 45,2 %.

В результате проведённых микологических исследований нами обнаружено 29 видов из 14 родов, 8 семейств, 5 порядков и 4 классов фитотрофных паразитных грибов, принадлежащих к 3-м отделам грибов и грибоподобных организмов (ГРПО) (табл. 1.) Доминирующее место занимает отдел Basidiomycota, который представлен 16-ю видами (что составляет 55 % от общего числа видов), 6 родами, 5 семействами и 2 порядками. На втором месте находится отдел Ascomycota, который представлен 12-ю видами (41 %), 6 родами, 1 семейством и 1 порядком. На 3 месте – отдел грибоподобных организмов Oomycota, который представлен одним видом (3,5 %), относящимся к 1 роду и 1 порядку.

**Таблица 1**

**Таксономический состав фитотрофных облигатно-паразитных микромицетов ландшафтно-рекреационного парка «Битак»**

Отдел грибов и грибоподобных организмов (ГРПО)	Количество				Доля от общего числа родов, %	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
	классов	порядков	семейств	родов			
Oomycota (ГРПО)	1	1	1	1	7,7	1	3,5
Ascomycota	1	2	2	6	46,1	12	41,3
Basidiomycota	2	2	5	6	46,2	16	55,2
Всего	4	5	8	13	100,0	29	100,0

Исходя из данных таблицы 1, на территории Парка доминирующими являются представители царства Грибы (Fungi) из отделов Ascomycota и Basidiomycota – 12 и 16 видов соответственно для каждого отдела. Подавляющее большинство видов относится к порядку Pucciniales класса Pucciniomycetes порядка Pucciniales (Basidiomycota) и представлены 15-ю видами ржавчинных грибов из пяти родов: *Puccinia* – 8 видов, *Phragmidium* – 4, *Coleosporium*, *Gymnosporangium* и *Aecidium* – по 1 виду.

Второе место по количеству видов занимают паразитные микромицеты, относящиеся к классу Leotiomycetes порядка Erysiphales (Ascomycota). В частности, мучнисторосяные (эризифальные) грибы представлены 11 видами из шести родов: *Erysiphe* – 5 видов, *Podosphaera* – 3, *Blumeria*, *Leveillula*, *Sawadaea* представлены по одному виду, соответственно. Порядок Helotiales представлен 1 видом.

Головневые грибы представлены одним видом из рода *Sporisorium*, относящегося к семейству Ustilaginaceae порядка Ustilaginales класса Ustilaginomycetes. Класс Oomycetes отдела Oomycota (ГРПО) представлен одним видом из рода *Peronospora* одного порядка Peronosporales.

Видовой состав фитотрофных паразитных микромицетов, зафиксированных на территории Парка в течение вегетационных сезонов 2018–2019 гг., приводится в указанном ниже списке. Для каждого вида паразитического гриба в скобках указан показатель обилия по шкале Гааса [18].

**Chromista, Oomycota, Incertae sedis, Peronosporae, Peronosporidae, Peronosporales, Peronosporaceae**

***Peronospora alsinearum* Casp. (1)**

на *Stellaria media* (L.) Vill., листья, 01.05.2019; 28.03.2020.

**Fungi, Ascomycota, Pezizomycotina, Leotiomycetidae, Leotiomycetes, Helotiales, Dermateaceae**

***Diplocarpon rosae* F.A. Wolf (1)**

на *Rosa canina* L., листья, 31.05.2019.

**Erysiphales, Erysiphaceae**

***Blumeria graminis* (DC.) Speer (2)**

на *Dactylis glomerata* L., листья, 01.05.2019, 18.06.2019; на *Poa pratensis* L., листья, 28.09.2018; на *Elytrigia repens* (L.) Nevski, листья, 01.05.2019; 28.03.2020.

***Erysiphe alphitoides* U. Braun & S. Takam. (2)**

на *Quercus pubescens* Willd., листья, 28.09.2018; 24.08.2019.

***Erysiphe aquilegiae* DC. (+)**

на *Thalictrum minus* L., листья, 31.05.2019.

***Erysiphe convolvuli* DC. (3)**

на *Convolvulus arvensis* L., листья, 28.09.2018; 31.05.2019.

***Erysiphe lycopsidis* R.Y.Zheng & G.Q.Chen (+)**

на *Lithospermum arvense* L., листья, 01.05.2019.

***Erysiphe prunastri* DC. (3)**

на *Prunus spinosa* L., листья, 18.06.2019.

***Leveillula duriaei* (Lév.) U. Braun (+)**

на *Marrubium peregrinum* L., листья, 01.05.2019.

***Podosphaera aphanis* var. *aphanis* (Wallr.) U. Braun & S. Takam. (3)**

на *Potentilla canescens* Besser, листья, 01.05.2019; *Agrimonia eupatoria* L., листья, 21.09.2019.

***Podosphaera ferruginea* var. *ferruginea* (Schltdl. : Fr.) U. Braun & S. Takam. (4)**

на *Poterium polygamum* Waldst. & Kit., листья, 01.05.2019.

***Podosphaera pannosa* (Wallr. : Fr.) de Bary (+)**

на *Rosa canina* L., листья, 28.09.2018; 24.08.2019.

***Sawadaea bicornis* (Wallr.: Fr.) Miyabe (+)**

на *Acer platanoides* L., листья, 28.09.2018; 24.08.2019.

**Fungi, Basidiomycota, Pucciniomycotina, Pucciniomycetes, Pucciniales, Gymnosporangiaceae**

***Gymnosporangium confusum* Plowr. (1)**

на *Crataegus monogyna* Jacq., листья, 28.09.2018; 01.05.2019.

**Phragmidiaceae**

***Phragmidium sanguisorbae* (DC.) Schroet (3)**

- на *Poterium polygamum* Waldst. & Kit., листья, 30.03.2019, 28.03.2020.  
***Phragmidium tuberculatum* Jul. Müll. (1)**  
на *Rosa canina* L., листья, 01.05.2019.  
***Phragmidium potentillae* (Pers.) Karst. (1)**  
на *Potentilla recta* L., листья, 21.09.2019.  
***Phragmidium violaceum* (Schultz) G. Winter (2)**  
на *Rubus caesius* L., листья, 18.06.2019.  
**Coleosporiaceae**  
***Coleosporium inulae* Rabenh (3)**  
на *Inula ensifolia* L., листья, 18.06.2019.  
**Pucciniaceae**  
***Aecidium euphorbiae* Gmel. : Pers. (+)**  
на *Euphorbia virgata* Waldst. & Kit, листья, 28.09.2018.  
***Puccinia absinthii* DC. (4)**  
на *Artemisia vulgaris* L., листья, 31.05.2019.  
***Puccinia cesatii* J. Schröt. (1)**  
на *Bothriochloa ischaetum* (L.) Keng, листья, 28.09.2018; 21.09.2019.  
***Puccinia falcariae* (Pers.) Fakl. (4)**  
на *Falcaria vulgaris* Bernh., листья, 30.03.2019, 29.03.2020.  
***Puccinia graminis* Pers. (2)**  
на *Poa bulbosa* L., стебель, 28.09.2018; *Elytrigia repens* (L.) Nevski, стебель, 31.05.2019.  
***Puccinia malvacearum* Bertero ex Mont. (4)**  
на *Malva neglecta* Wallr., листья, 18.06.2019; *Alcea taurica* Пјин, листья, 01.05.2019.  
***Puccinia recondita* Roberge ex Desm (2)**  
на *Clematis vitalba* L., листья, 18.06.2019.  
***Puccinia sessilis* var. *sessilis* W.G. Schneid. (2)**  
на *Leopoldia comosa* (L.) Parl., листья, 21.09.2019.  
***Puccinia triticina* Eriks (3)**  
на *Aegilops cylindrica* Host, листья, 01.05.2019.  
**Ustilaginomycotina, Ustilaginomycetes, Ustilaginomycetidae, Ustilaginales, Ustilaginaceae**  
***Sporisorium andropogonis* (Opiz) Vánky (+)**  
на *Bothriochloa ischaetum* (L.) Keng., соцветия, 28.09.2018.

Согласно данным шкалы Гааса наиболее часто встречающимися видами паразитических микромицетов являются: *Podosphaera ferruginea* var. *ferruginea*, *Puccinia falcariae*, *P. absinthii*, *Erysiphe prunastri* и *Phragmidium sanguisorbae*. К наименее часто встречающимся видам паразитических грибов относятся: *Leveillula duriaei*, *Podosphaera pannosa*, *Aecidium euphorbiae*, *Erysiphe alphitoides*, *E. lycopsidis*, *E. aquilegiae*, *Sporisorium andropogonis*.

Классифицируя фитотрофные микромицеты, паразитирующие на дикорастущих растениях Парка, с точки зрения органотропной специализации



паразитов, следует отметить, что большинство из них развивались на листьях и стеблях, вызывая пустулы (рис. 4, 5), налеты (рис. 3), пятнистости, также грибы-паразиты встречались на генеративных органах. Было обнаружено присутствие по два вида облигатно-паразитных грибов на одном питающемся виде растения: *Puccinia graminis* и *Blumeria graminis* на *Poa bulbosa* (рис. 3) и *Elytrigia repens*; *Phragmidium potentillae* (рис. 4) и *Podosphaera aphanis* на *Potentilla canescens*; *Sporisorium andropogonis* и *Puccinia cesatii* на *Bothriochloa ischaemum*. Также было обнаружено присутствие трех облигатно-паразитных грибов на одном растении-хозяине: *Podosphaera pannosa*, *Phragmidium tuberculatum* и *Diplocarpon rosae* на *Rosa canina*.

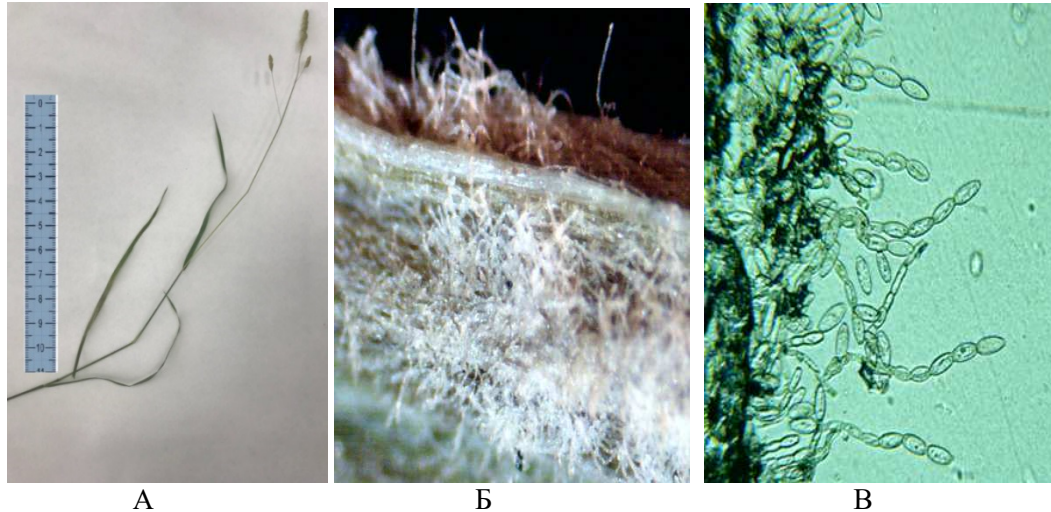


Рис. 3. Мучнисторосяной гриб *Blumeria graminis* (DC.) Speer на *Dactylis glomerata* L.: А – поражённое растение; Б – фрагмент пораженного листа с мицелием (увел. 40х, ориг.); В – конидии гриба с конидиеносцами (увел. 400х, ориг.).

Установлена также филогенетическая приуроченность отдельных видов грибов к определенным питающим растениям или группам растений, например, *Coleosporium inulae* на *Inula aspera*; *Phragmidium potentillae* на *Potentilla recta* (рис. 3); *Aecidium euphorbiae* на *Euphorbia virgata*, *Puccinia malvacearum* на *Alcea taurica* (рис. 5) и *Puccinia falcariae* на *Falcaria vulgaris*.

На территории Парка нами были выявлены новые для Предгорного Крыма виды фитотрофных паразитов. Это такие виды, как: *Erysiphe aquilegiae*, *Erysiphe lycopsidis*, *Phragmidium violaceum*, *Puccinia absinthii* и *Podosphaera ferruginea* var. *ferruginea*.

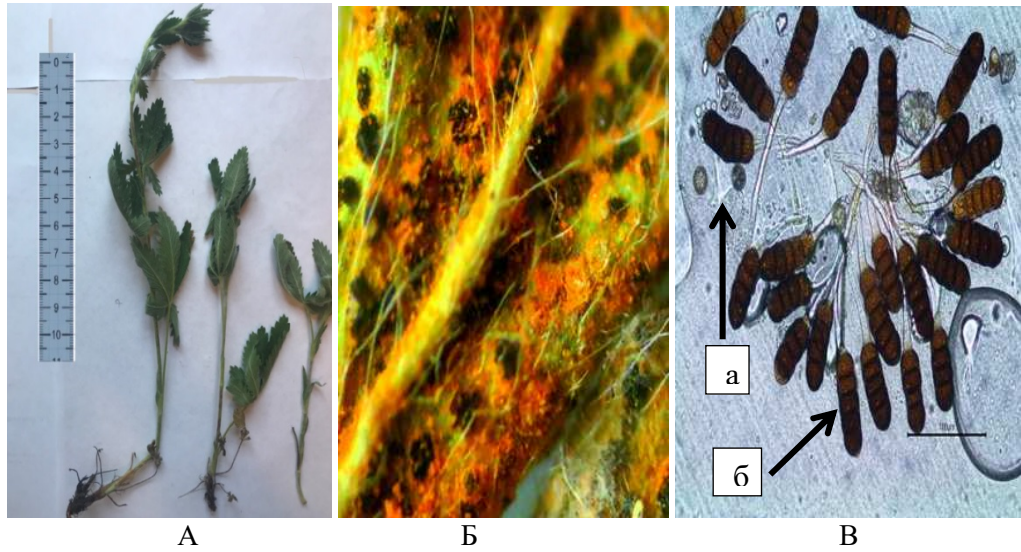


Рис. 4. Ржавчинный гриб *Phragmidium potentillae* (Pers.) Karst на *Potentilla recta* L.: А – поражённые растения; Б – макросъёмка поражённого листа с урединиями и телиями (увел. 40х, ориг.); В – уредино- (а) и телиоспоры (б) гриба (увел. 400х, ориг.).

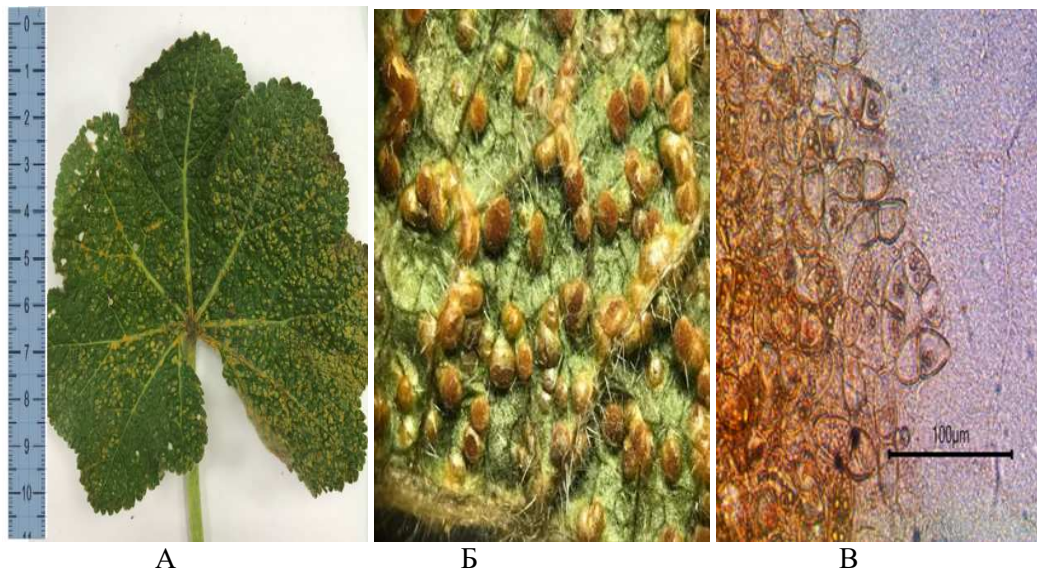


Рис. 5. Ржавчинный гриб *Puccinia malvacearum* Mont. на *Alcea taurica* Пjin.: А – поражённое растение; Б – макросъёмка листа с пустулами гриба; В – телиоспоры гриба (увел. 400х, ориг.).

Данные о связях паразитических грибов с семействами ассоциированных растений парка «Битак» представлены в данных табл. 2; обнаруженные нами грибы-паразиты зарегистрированы на представителях 14 семейств покрытосеменных растений. Как видно из данных таблицы 2, наиболее поражаемыми семействами являются Rosaceae и Poaceae, затем следуют семейства Ranunculaceae, Asteraceae и Malvaceae, далее по численности видов грибов-паразитов, приуроченных к семействам указаны семейства Boraginaceae, Convolvulaceae, Fagaceae, Aceraceae, Hyacinthaceae, Euphorbiaceae, Apiaceae, Lamiaceae, Caryophyllaceae .

**Таблица 2**

**Распределение облигатно-паразитических грибов по семействам питающих растений ландшафтно-рекреационного парка «Битак» по семействам питающих растений**

№ п/п	Семейство растений-хозяев	Количество	
		видов растений-хозяев	видов грибов
1.	Aceraceae	1	1
2.	Asteraceae	2	2
3.	Apiaceae	1	1
4.	Boraginaceae	1	1
5.	Caryophyllaceae	1	1
6.	Convolvulaceae	1	1
7.	Euphorbiaceae	1	1
8.	Hyacinthaceae	1	1
9.	Fagaceae	1	1
10.	Lamiaceae	1	1
11.	Malvaceae	2	2
12.	Poaceae	8	6
13.	Ranunculaceae	2	2
14.	Rosaceae	11	8

Процентное соотношение паразитических микромицетов, ассоциированных с семействами питающих растений на территории ландшафтно-рекреационного парка «Битак» отражено на рисунке 6.

Согласно данным круговой диаграммы (рис. 6), наибольшее количество видов грибов приходится из семейства Rosaceae – 27,6 %, на семейства Poaceae – 20,7 %. На семейства Ranunculaceae, Asteraceae и Malvaceae – по 6,9 %, а на остальные семейства Boraginaceae, Convolvulaceae, Fagaceae, Aceraceae, Hyacinthaceae, Euphorbiaceae, Apiaceae, Lamiaceae, Caryophyllaceae – по 3,5 % соответственно. Наиболее поражаемыми семействами являются Rosaceae (8 видов грибов) и Poaceae (6 видов), что составляет 48,3 % от общего количества видов грибов-паразитов, обнаруженных на территории Парка.

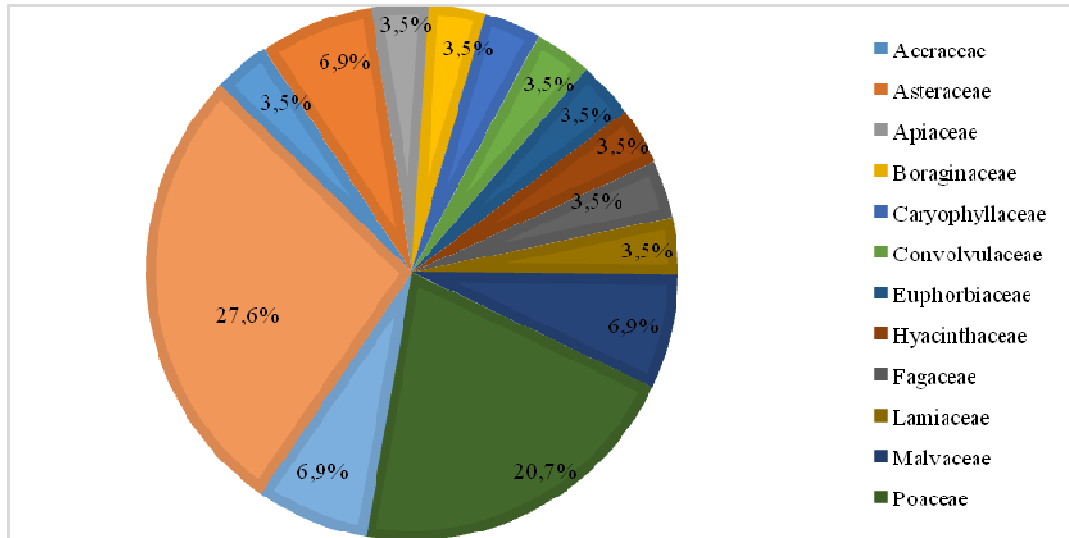


Рис. 6. Соотношение ассоциированных с облигатно-паразитными грибами семейств питающих растений ландшафтно-рекреационного парка «Битак», %.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На территории Парка зарегистрировано 168 видов из 139 родов и 42 семейств и двух отделов (Pinophyta и Magnoliophyta) высших сосудистых растений, что составляет 6,6 % от 2536 видов флоры Крыма.
2. Ведущими семействами высших растений по количеству видов являются семейства Asteraceae (Астровые), представленные 28 видами, Poaceae (Злаковые) – 22 вида, Lamiaceae (Яснотковые) – 18 видов, Fabaceae и Rosaceae по 12 видов, соответственно. В совокупности указанные семейства составляют 55,7 % от общего количества видов растений Парка. На остальные 37 семейств высших растений данного объекта ООПТ приходится 59 видов.
3. При исследовании фитотрофной паразитической микобиоты обнаружено 29 видов из 14 родов, 8 семейств, 5 порядков и 4 классов паразитных грибов, принадлежащих к 3-м отделам грибов и грибоподобных организмов (ГРПО). Выявлено 5 видов грибов-паразитов растений, впервые зафиксированных для Предгорного Крыма.
4. Определена частота встречаемости фитотрофных паразитических микромицетов по шкале Гааса и указаны наиболее часто встречающиеся возбудители болезней растений Парка.
5. Фитопатогенные грибы зарегистрированы на представителях на 28 видах питающих растений из 14 семейств одного отдела (Magnoliophyta) преимущественно класса Двудольные (Magnoliopsida) (10 семейств), класс Однодольные (Liliopsida) представлен 4 семействами, на которых развиваются грибы-паразиты. Наиболее поражаемыми семействами являются Rosaceae (8

видов грибов) и Роасеае (6 видов), что составляет 48,3 % от общего количества видов грибов-паразитов, обнаруженных на территории Парка.

Список литературы

1. Просяникова И. Б. Фитотрофные паразитические микромицеты регионального памятника природы «Гора-останец Шелудивая» Бахчисарайского района (Республика Крым) / Просяникова И. Б., Пирогова С. А., Кравчук Е. А. // Сб. науч. ст. «Экосистемы». – 2017. – Вып. 9. – С. 12–19.
2. Распоряжение Совета министров Республики Крым от 05.02.2015 №69-р «Об утверждении Перечня особо охраняемых природных территорий регионального значения Республики Крым». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oort.aagi.ru/doc> (дата обращения: 08.09.2020).
3. Азбукина З. М. Порядок Ржавчинные 1. Семейства Пукциниастровые, Кронарциевые, Мелампсоровые, Факоспоровые, Чакониевые, Микронегериевые (Определитель грибов России) / З. М. Азбукина. – Владивосток . Дальнаука, 2015. – 281 с.
4. Благовещенская Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты: Учебный определитель / Е. Ю. Благовещенская. – М. . ЛЕНАНД, 2015. – 240 с.
5. Гелюта В. П. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы / Гелюта В. П. [Отв. ред. А. И. Дудка]. – АН УССР. Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного. – Киев . Наук. думка, 1989. – 256 с.
6. Гриби природних зон Криму / І. О. Дудка [та інш.]; під ред. І. О. Дудки. – К . Фітосоціоцентр, 2004. – 452 с. (Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАНУ).
7. Каратыгин И. В. Определитель грибов СССР: Порядок Головневые. Семейство Устилаговые / И. В. Каратыгин, З. М. Азбукина. – Л . Наука, 1989. – Вып. 1 – 220 с.
8. Купревич В. Ф. Определитель ржавчинных грибов СССР / В. Ф. Купревич, В. И. Ульянищев. – Минск: Наука и техника, 1975. – Ч. 1. – 485 с.
9. Termorshuizen A. J. Roesten van Nederland / A. J. Termorshuizen, C. A. Swertz. – Dutch Rust Fungi, 2011. – 423 p.
10. Braun U. Taxonomic Manual of the Erysiphales (Powdery Mildews) / U. Braun, R. T. A. Cook. // CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands, 2012. – Vol. 11. – 707 p.
11. Станявичене С. А. Пероноспоровые грибы Прибалтики / С. А. Станявичене. – Вильнюс. Мокслас, 1984. – 208 с.
12. Ульянищев В. И. Определитель ржавчинных грибов СССР / В. И. Ульянищев. – Минск . Наука и техника, 1978. – Ч. 2. – 383 с.
13. Определитель болезней растений. / Хохлаков М. К. [и др.]. – СПб . Лань, 2003. – 592 с.
14. Plant List a working list of all plant species. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org> (веб-сайт, версия 1.1) (дата обращения: 18.09.2020).
15. Mucobank [Электронный ресурс]. 2004. Режим доступа: <http://www.mucobank.org> (веб-сайт) (дата обращения: 18.09.2020).
16. Index Fungorum. Database of International Mycological Association [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.indexfungorum.org> (веб-сайт, версия 1.00) (дата обращения: 18.09.2020).
17. Ена А. В. Природная флора Крымского полуострова / А. В. Ена. – Симферополь . Н. Оріанда, 2012. – 232 с.
18. Леонтьев Д. В. Флористический анализ в микологии. Учебник для студентов высших учебных заведений / Д. В. Леонтьев. – Харьков . ПП «Ранок-НТ», 2008. – 110 с.

PHYTOTROPHIC PARASITIC MYCOBIOTA LANDSCAPE AND  
RECREATION PARK OF REGIONAL VALUE OF THE REPUBLIC OF  
CRIMEA "BITAK"

*Prosyannikova I. B., Arslanova E. F.*

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

The aim of our work is to study the composition of phytotrophic obligate parasitic micromycetes on the territory of the landscape recreation park of regional value "Bitak". The herbarium specimens of parasitic fungi on higher plants were collected during the vegetative seasons of 2018–2019 using a detailed-routing method in plant communities. The collected material was processed using the common method [3–13]. The nomenclature of micromycetes corresponds to the international databases, such as: «Fungal Databases», «Mycobank» and «Index fungorum» [14–16]. As a result, we found 168 species from 139 genera and 42 families and two divisions (Pinophyta and Magnoliophyta) of higher vascular plants have been registered on the territory of the Bitak landscape and recreation park of regional value "Bitak" Simferopol district of the Republic of Crimea, which is 6.6 % of the 2536 species of the Crimean flora. The leading families of higher plants by the number of species are Asteraceae, represented by 28 species, Poaceae 22 species, Lamiaceae 18 species, Fabaceae and Rosaceae by 12 species, respectively. Together, these families make up 55.7 % of the total number of plant species in the Park. The remaining 37 families of higher plants in this protected area include 59 species. As a result, we found 29 species of studies from 14 genera, 8 families, 5 orders and 4 classes of parasitic fungi belonging to the 3 divisions of fungi and fungi-like organisms. 5 species of parasitic fungi of plants were revealed, first recorded for the Piedmont Crimea. The highest number of genera (6; 46.2 % of total number) and species (16; 55.2 % of total number) are recorded in Basidiomycota division. The division Ascomycota is represented by 6 genera (46.1 % of total genera number) and 12 species (41.3 %). The Oomycota division – 1 genera (7.7 %) and 1 species (3.5 % of total species number). We observed species of fungi listed on the representatives of the 14 families of higher plants (division Magnoliophyta – 12), mostly Dicotyledons (Magnoliopsida) class – 2 families; Monocots class (Liliopsida) represented by three families – Asparagaceae, Poaceae and Cyperaceae. Phytopathogenic fungi are registered on representatives of the 28 best nutrients from 14 families. The most affected families are Rosaceae (8 species of fungi) and Poaceae (6 species), accounting for 48.3 % of the total number of parasitic fungi found in the park. The frequency of occurrence of phytotrophic parasitic micromycetes according to the Gaas scale was determined and the most common pathogens of plant diseases were indicated. The information obtained is of high mycological interest, since it is theoretically important for understanding the processes of fungi migration within the natural zones of the Crimean peninsula. Also, it allows us to solve the problems of phytotrophic parasitic of fungi arealogy.

**Keywords:** floristic composition, phytotrophic parasitic mycobiota, Piedmont Crimea, landscape recreational park of regional value "Bitak", annotated list.

References

1. Prosyannikova I. B., Pirogova S. A., Kravchuk E. A. Phytotrophic parasitic micromycetes of the regional natural monument "Sheludivaya mountain remnant" of the Bakhchisarai region (Republic of Crimea), Coll. scientific. Art. Ecosystems, **9**, 12 (2017).
2. Order of the Council of Ministers of the Republic of Crimea dated 05.02.2015 No. 69-r "On approval of the List of specially protected natural areas of regional significance of the Republic of Crimea". [Electronic resource]. Access mode: <http://oopt.aari.ru/doc>
3. Azbukina Z. M. *Order of Uredinales. I. Order Pucciniales. I. Familia Pucciniastraceae, Cronartiaceae, Coleosporiaceae, Melampsoraceae, Phakopsoraceae, Chaconiaceae, Mikronegeriaceae of family. Identification book for fungi of Russia* (Dal'nauka, Vladivostok, 2015).
4. Blagoveshchenskaya E. Y. *Phytopathogenic micromycetes: educational guide* (Publishing house Lenand, Moscow, 2015).
5. Gelyuta V. P. *Flora of Ukraine fungi. Powdery mildews fungi* (Publishing House of Sciences Dumka, Kiev, 1989).
6. Dudka I. O., Geluta V. P., Tichonenko Y. A. et al. *Fungi natural areas Crimea* (Institute of botany named after M.G. Cholododny), (Phytosotsiotsentr, Kiev, 2004).
7. Karatygin I. V., Azbukina Z. M. *The determinant of the fungi USSR*. Order of Smut, Ustilagaceae of family, **1**, 220 (Publishing House of Science, Leningrad, 1989).
8. Kuprevich V. F., Ulyanischev V. I. *Determinant of rust fungi of the USSR* (Science and Technology, Minsk, 1975).
9. Termorshuizen A. J., Swertz C. A. *Roesten van Nederland* (Dutch Rust Fungi, 2011).
10. Braun U., Cook R. T. A. *Taxonomic Manual of the Erysiphales* (Powdery Mildews) (Publishing House CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands), **11**, 707 (2012).
11. Stanyavichene S. A. *Peronosporales fungi of Baltic* (Publishing House Mokslas, Vilnius, 1984).
12. Ulyanischev V. I. *Determinant of rust fungi of the USSR* (Leningrad: Publishing House of Science, 1978).
13. Khokhryakov M. K. *Keys to plant diseases*, 592 p. (Lan', Saint Petersburg, 2003).
14. *The Plant list* [electronic resource]. 2013. Access mode: <http://www.theplantlist.org/> (reference date: 18.09.2020).
15. *Mycobank Database* [electronic resource]. 2004. Access mode: <http://www.mycobank.org> (reference date: 18.09.2020).
16. *Index Fungorum* [electronic resource]. 2003. Access mode: <http://www.indexfungorum.org> [веб-сайт, версия 1.00] (reference date: 18.09.2020).
17. Yena A. V. *The natural flora of the Crimean peninsula*, (Publishing house N. Orianda, Simferopol, 2012).
18. Leontiev D. V. *Floristic analysis in mycology*. Textbook for students of higher educational institutions. 110 p. (PP "Ranok-NT", Kharkov, 2008).

**УДК 612.821+612.17**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-192-199**

## **ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ КАРДИОРИТМА ЖИТЕЛЕЙ ТАДЖИКИСТАНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ**

*Рауфов С. С.*

*Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева,  
Красноярск, Россия  
E-mail: raufov.sarwar2016@yandex.ru*

Представлены результаты исследования уровня функциональности регуляторных систем жителей Таджикистана. Целью исследования явилось изучение структуры variability сердечного ритма в зависимости от типа вегетативной регуляции у жителей Таджикистана. Обследовано 233 человека в возрасте от 18 до 40 лет. На основе значений индекса напряжения, вариационного размаха и суммарной мощности спектра из всей обследуемой популяции были сформированы три группы лиц: ваготоников, нормотоников и симпатотоников. Показатели вариационной кардиоинтервалометрии регистрировались с помощью устройства психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 «Психофизиолог»-ом в положении сидя с циклом 128 кардиоинтервалов в течении 5 минут. Результаты показателей вариационной кардиоинтервалометрии у мужчин выше по сравнению с женщинами. Активность регуляторных систем и оценки функционального состояния у мужчин значительно отличается от показателей женщин. Значительные различия заметно между мужчинами и женщинами только в группах ваготоников по сравнению с симпатотониками. У 37 % обследуемых независимо от пола выявлено состояние оптимального рабочего напряжения организма. Установлено, что среди женщин и мужчин доминируют нормотоники. При сравнении функционирования организма мужчин и женщин выявлено ухудшение регуляции кровотока и снижение уровня физиологического здоровья у мужчин ваготоников.

**Ключевые слова:** нервная система, функциональное состояние, таджики, вариационная кардиоинтервалометрия, климатогеографические условия, адаптация.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время метод variability сердечного ритма (ВСР) для оценки состояния вегетативной нервной регуляции является общепризнанным [1–3]. Появляется много работ посвященных особенностями ВСР мигрантов, студентов и отдельных народов.

Проблема охраны и формирования здоровья лиц молодого возраста на сегодняшний день является актуальной. Известно, что постоянное воздействие неблагоприятных стресс-факторов окружающей среды (химическое загрязнение воздуха, воды, почвы и т.д.) могут вызвать такие проблемы, как рост напряжения всех функциональных систем организма, ухудшение психоэмоционального состояния, снижение психической устойчивости организма [4]. В литературе показано, что у мужчин встречаемость сердечно-сосудистых патологий чаще, а у



женщин – нервной [5]. Оценка вариабельности кардиоритма позволяет спрогнозировать возникновение негативных физиологических состояний [6–8].

Известно, что обязательным методическим условием при групповых или популяционных исследованиях особенностей перестроек показателей кардиоритма человека должна быть его предварительная индивидуальная типизация, направленная на определение преобладающего характера вегетативной нервной регуляции [9]. Однако в литературе недостаточное внимание уделялось особенностям вариабельности кардиоритма жителей Таджикистана в зависимости от типа вегетативной регуляции.

Целью исследования явилось изучение структуры вариабельности сердечного ритма в зависимости от типа вегетативной регуляции у жителей Таджикистана

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании по методике вариационной кардиоинтервалометрии (ВКМ) обследовано 215 человек (124 мужчин и 91 женщин). Возраст респондентов колебался от 18 до 40 лет. Все испытуемые дали добровольное согласие на участие в исследовании. Показатели ВКМ регистрировались с помощью устройства психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 - «Психофизиолог».

Анализировались следующие показатели: HR, уд./мин – частота сердечных сокращений; Mean, мс – среднее значение RR – интервалов; Mx, мс – максимальное значение RR – интервалов; Mn, мс – минимальное значение RR – интервалов; MxDMn, мс – вариационный размах кардиоинтервалов; Mo, мс – мода; AMo50, % – амплитуда моды; SDNN, мс – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов; SI, усл.ед. – индекс напряжения регуляторных систем; IC, усл.ед. – индекс централизации; VLF, (%) относительный уровень активности симпатического уровня звена регуляции; LF, (%) – относительный уровень активности активности вазомоторного уровня; HF, (%) – относительный уровень активности парасимпатического звена регуляции; PARS – показатели активности регуляторных систем.

Для статистического анализа были сформированы 3 группы по М. Баевскому [10]: лица с нормотоническим типом (нормотоники) при значениях SI в диапазоне 50-150 усл. ед.; симпатотоники SI >150 усл. ед.; ваготоники SI <50 усл. ед.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью Microsoft Excel 2007 с использованием общепринятых методов вариационной статистики [11]. По критерию Стьюдента различия считали при  $p \leq 0,05$  достоверными.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Физиологические исследования жителей Таджикистана были направлены на изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы как одного из показателей здоровья в обеспечении жизнедеятельности организма.

В табл. 1. и 2. представлены значения ВСР в группах лиц с учетом преобладающего типа вегетативной регуляции. Из данных таблиц видно, что средние значения изучаемых показателей в сформированных группах существенно отличаются.

Поскольку во многих работах при изучении ВСР в различных группах не производится предварительная типизация испытуемых по преобладающему характеру вегетативной регуляции, а показатели группы в целом усредняются, нами проанализирована правомерность такого подхода и возникающие при этом количественные расхождения математических значений.

Известно, что отклонения от нормы среднего показателя частоты сердечных сокращений свидетельствуют об увеличении нагрузки на сердечно-сосудистую систему или о наличии патологических отклонений, причиной которого могут быть эмоциональное или физическое напряжение, а также нарушения со стороны функций ряда систем организма. Средний показатель ЧСС при общем усреднении у мужчин составил 75,5 уд/мин, а у женщин 77,4 уд/мин. Как показывают результаты в таблицах, показатели ЧСС у мужчин и женщин в пределах нормы (табл. 1, 2).

Таблица 1

Характеристики ВКМ мужчин( $M \pm m$ )

Показатель кардиоритма	Обследуемая группа лиц			
	1-ваготоники n=34	2-нормотоники n=53	3-симпатотоники n=37	p<0,05
HR, уд/мин	70,08±1,06	74,30±0,94	82,97±1,17	1-3;2-3
Meap, мс	862,38±13,46	753,45±8,96	674,16±11,18	2-3
Mx, мс	1088,94±19,17	900,09±8,99	768,21±11,47	1-3
Mn, мс	581,73±24,47	604,07±11,41	596,56±10,30	1-2;1-3
MxDMn, мс	507,20±1,06	286,01±11,30	171,64±7,16	1-2
Mo, мс	866,17±14,23	751,45±11,12	669,59±12,06	2-3
AMo50, %	27,97±1,28	37,39±0,91	56,62±1,86	-
SDNN, мс	87,29±3,83	56,15±2,12	32,29±1,15	1-2;1-3;2-3
SI, усл. ед,	34,47±1,93	90,83±4,05	184,62±22,31	1-2
IC, усл. ед	3,82±0,52	4,81±0,63	7,30±0,72	2-3
VLF, %	33,94±2,79	30,43±1,80	33,45±2,58	2-3
LF, %	38,23±2,53	45,81±1,81	50,89±2,38	1-3
HF, %	15,64±2,48	24,09±1,62	27,82±1,38	1-3

Учитывая значимость показателей ВСР для оценки не только регуляторных механизмов состояния организма в покое, но и при адаптации к экстремальным условиям окружающей среды и функциональным нагрузкам, ряд исследователей [12–14] показал, что у подростков выявляется четко выраженная зависимость адаптационных изменений в организме от исходного характера вегетативной регуляции. Известно, что более выраженное симпатическое влияние подтверждает высокий индекс восстановления и особенности энергообмена [15, 16].

Таблица 2

## Характеристики ВКМ женщин (M±m)

Показатели кардиоритма	Обследуемая группа лиц			p<0,05
	1-ваготоники n=14	2-нормотоники n=41	3-симпатотоники n=36	
HR, уд./мин	70,71±2,44	76,35±1,26	82,05±2,79	1-3
Mean, мс	862,85±31,06	744,69±11,71	641,56±10,55	1-2
Mx, мс	1051,00±37,56	888,38±12,71	731,02±12,16	2-3
Mn, мс	566,21±24,05	583,52±15,58	573,29±8,74	1-2;1-3
MxDMn, мс	484,78±35,50	304,83±12,64	157,72±6,26	2-3
Mo, мс	875,00±34,37	746,42±13,54	638,51±11,23	1-2;2-3
AMo50, %	27,00±1,40	38,30±1,04	54,45±1,55	2-3
SDNN, мс	80,85±6,58	53,61±1,65	31,64±1,34	2-3
SI, усл. ед	31,85±2,42	91,26±4,59	168,10±21,69	1-3
IC, усл. ед.	2,10±0,60	3,66±0,40	8,09±1,89	2-3
VLF, %	27,78±3,55	36,02±2,23	35,89±3,08	-
LF, %	31,21±3,69	36,95±1,97	43,54±2,64	2-3
HF, %	20,59±4,29	26,92±1,79	40,92±2,32	2-3

Оказалось, что картина распределения показателей относительно средних величин у лиц с различным типом вегетативной регуляции существенно отличается.

Полученные данные отражают выраженные отличия ВСР у мужчин и у женщин в 2 показателях в общей выборке: IC и AMo50 %, что в совокупности указывает на выраженное проявление эффекта централизации регуляторных процессов по отношению к лицам из групп ваго- и нормотоников. В группе нормотоников у мужчин и женщин большинство показателей близки или соответствует показателям общей выборки.

Уменьшение SDNN у женщин указывает на напряжение физиологических резервов организма. При усреднении показателей в общую группу, этот показатель у мужчин составил 62,61 мс, а у женщин 49,09 мс. Результаты показателей свидетельствуют о снижении активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы у женщин. Показатель VLF, характеризующий влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр, у мужчин выше, что указывает на более выраженное участие нейро-гуморального и метаболического уровней регуляции variability кардиоритма по сравнению с женщинами.

Результаты приведенных исследований ВСР выявили достоверные различия показателя SI (стресс индекс) у обоих полов. Как видно из табл 1 и 2, у женщин этот показатель выше (при общем усреднение 109,7) по сравнению с мужчинами (при общем усреднение 103,1). Наблюдается увеличение активности центральных механизмов при подавлении автономного контура у женщин, что указывает на

напряжение физиологических резервов. Подтверждением этого явился показатель активности регуляторных систем (PARS).

Таблица 3

**Итоговая диагностическая оценка**

Пол	PARS			p<0,05
	1-ваготоники	2-нормотоники	3-симпатоники	
мужчины	4,57±0,21	3,89±0,20	5,34±0,28	2-3
женщины	4,35±0,39	3,80±0,22	5,44±0,26	2-3
Оценка функционального состояния				
мужчины	0,15±0,03	0,57±0,04	0,55±0,03	1-3;2-3
женщины	0,30±0,08	0,71±0,11	0,47±0,03	1-3

Как видно из таблицы 3, показатели PARS, которые показывают комплексную оценку вариабельности сердечного ритма (предусматривает диагностику функциональных состояний) находятся в пределах средних показателей: умеренное напряжение регуляторных систем с вовлечением дополнительных функциональных резервов и выраженное напряжение регуляторных систем с активной мобилизацией защитных механизмов. Однако, при рассмотрении значений PARS видно их сходство, характерное только для симпатотоников у мужчин и у женщин.

Рассматривая показатели оценки функционального состояния обследуемых, мы видим их сходство характерное только для нормотоников. Показатели функционального состояния на уровне допустимого, однако показатель в группе мужчин-ваготоников предельно-допустимое (0,15) и со стресс-индексом (34,47), т.е. степень адаптированности организма связана с активностью регуляторных систем и их напряжением. Показатели у ваготоников среди мужчин и женщин значительно отличаются, тогда как у нормотоников и симпатотоников мало отличаются. Доказано, что низкие показатели ВСР обнаруживаются при тревожных расстройствах и депрессии, а высокий уровень характерен для людей со сдержанным темпераментом, которым присуще самообладание [17].

При этом известно, что характер напряжения регуляторных систем организма по показателям ВСР зависит от особенностей трудового процесса, климато-географических условий среды, стрессовых ситуаций и социально-психологической жизни человека, что согласуется с литературными данными [18–21].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. При исследовании вариабельности сердечного ритма жителей Таджикистана у большинства обследуемых обнаружено преобладание нормотонической регуляции нервной системы.
2. Средние показатели частоты сердечных сокращений у жителей Таджикистана соответствовали средневозрастной норме.

3. Более высокий процент лиц с предельно-допустимым функциональным состоянием отмечен среди женщин.
4. Среди женщин выявлен больший процент встречаемости обследуемых с состоянием стрессового напряжения, чем у мужчин.

#### Список литературы

1. Glass L. From clocks to chaos: the rhythms of life. / Glass L., Mackey M. C. – Princeton: Princeton University Press, 1988. – P. 214
2. Glass L. Synchronization and rhythmic processes in physiology / Glass L. // Nature. – 2001 – V. 410 – P. 277.
3. Mosekilde E. Chaotic synchronization, applications to living systems. / E. Mosekilde, Yu. Maistrenko, D. Postnov – Singapore: World Scientific, 2002. – P. 42.
4. Питкевич М. Ю. Влияния образовательной среды на стрессовое напряжение студентов разной гендерной принадлежности / М. Ю. Питкевич, Г. Г. Аракелов // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2015. – №1. – С. 104–109.
5. Бухтияров И. В. Физиологические особенности формирования психоэмоционального перенапряжения у работников умственного труда и его профилактика / И. В. Бухтияров, В. В. Матюхин, О. И. Юшкова и др. // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2014. – Т. 100, № 11. – С.1324–1334.
6. Капцов В. А. Функциональное состояние зрительного анализатора при использовании традиционных и светодиодных источников света / В. А. Капцов, Н. Н. Сосун, И. И. Шищенко, В. С. Виктор, В. Н. Тулушов, В. Н. Дайнего, Е. А. Бухарева, М. А. Мурашова, А. А. Шищенко // Гигиена и санитария. – 2014. – №93 (4). – С. 120–123.
7. Губарева Л. И. Особенности функционирования центральной нервной системы у работников газотранспортной системы с разной степенью адаптации к условиям профессиональной среды. / Л. И. Губарева, Т. Ю. Понамарева, Л. С. Ермолова // Мед. вестник Северного Кавказа. – 2016. – №9 (7). – С. 573–576.
8. Belkic K. Is job strain a major source of cardiovascular risk / Belkic K., Landsberqis P. A. // Scand. J. Work Environ. Health. – 2004. – Vol. 30, № 2. – P. 85–128.
9. Максимов А. Л. Особенности структуры вариабельности кардиоритма уроженцев Магаданской области в зависимости от типа вегетативной регуляции / А. Л. Максимов, Н. А. Лоскутова // Экологии человека. – 2013. – №6 – С. 3–10.
10. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин и др. // Вестник Аритмологии. – 2001. – №24. – С. 65–87.
11. Измеров Н. Ф. Временные методические рекомендации по расчету показателей профессионального риска / под ред. Н.Ф. Измерова. / Измеров Н. Ф. – М.: НИИ медицины труда РАМН. – 2005. – 16 с.
12. Демин Д. Б. Варианты ЭЭГ – реакций при выполнении курса БОС-тренингов у подростков в зависимости от исходного вегетативного тонуса / Демин Д. Б., Поскотинова Л. В., Кривоногова Е. В. // Экология человека. – 2012. – № 3. – С. 16–22.
13. Кудря О. Н. Особенности срочной адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом при ортостатическом тестировании / Кудря О. Н. // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2011. – Вып. 5 (107). – С. 55–61.
14. Игишева Л. Н. Влияние умеренной физической нагрузки на показатели сердечного ритма у детей младшего и среднего школьного возраста / Игишева Л. Н., Казин Э. М., Галеев А. Р. // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 3. – С. 55–61.
15. Бабский Е. Б. Физиология человека / Е. Б. Бабский, А. А. Зубков, Г. И. Косицкий, Б. И. Ходоров – М.: Медицина, 1972. – 268 с.
16. Латюшин Я. В. Оценка психофизиологического состояния студентов-спортсменов по показателям концентрации внимания и адаптационного потенциала / Я. В. Латюшин, Н. П. Петрушкина,

- Е. В. Заягина, С. Н. Воровский, И. Ф. Харина // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского, Серия Биология. Химия. – 2019. – Том 5 (71), №4. – С. 50–60.
17. Muller H., R. Psych. Private practice in clinical health psychology. [http:// www.armueller-healthpsychology.com/heart\\_rate\\_variability.html](http://www.armueller-healthpsychology.com/heart_rate_variability.html) (accessed: 08.08.2020г.).
  18. Воробьева Т. Г. Влияние физической нагрузки на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и психофизиологическую адаптацию спортсменов-бадминтонистов / Воробьева Т. Г., Харченко Л. В., Шамшуалеева Е. Ф. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, №3. – С. 14–19.
  19. Ходжиев М. Результаты оценки физиологической адаптации и риски нарушений здоровья у трудовых мигрантов из Таджикистана / Ходжиев М., Измеров Н. Ф., Бухтияров И. В. // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 48–59. DOI: 10.21668/health risk/2017.3.06
  20. Вербицкий Е. В. К пониманию механизмов адаптации человека к условиям высокогорья / Вербицкий Е. В., Войнов В. Б., Литвиненко С. Н., Двадненко К. В., Сысоева Ю. Ю. // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2012. – № 3. – С. 45–53.
  21. Солонин Ю. Г. Функциональные показатели здоровья у мужчин-северян / Солонин Ю. Г., Марков А. Л., Бойко Е. Р. // Изв. УрО РАН. – 2011. – Вып. 3(7) – С. 43–47.

### **FEATURES OF THE STRUCTURE OF VARIABILITY OF THE CARDIORHYTHM OF RESIDENTS OF TAJIKISTAN DEPENDING ON THE TYPE OF VEGETATIVE REGULATION**

***Raufov S. S.***

***Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafev, Krasnoyarsk, Russian Federation  
E-mail: raufov.sarwar2016@yandex.ru***

The results of a study of the level of functionality of the regulatory systems of the inhabitants of Tajikistan are presented. A comparative analysis of the indicators of variational cardiointervalometry in men and women of Tajiks is given. The aim of the study was to study the functional state of autonomic regulation in Tajiks, depending on the state of activity such as the autonomic nervous system.

We examined 233 people aged 18 to 40 years. Based on the values of the stress index, variational magnitude, and the total power of the spectrum from the entire population under study, three groups of individuals were formed: vagotonics, normotonics, and sympathotonics. Indicators of variational cardiointervalometry were recorded using a psychophysiological testing device UPFT-1/30 “Psychophysicologist” in the sitting position with a cycle of 128 cardiointervals for 5 minutes.

The indicators of variational cardiointervalometry in men are higher compared to women. Differences in the activity of regulatory systems and assessment of the functional state in men are significantly different from indicators of women. Significant differences are noticeable only in the group of vagotonics. Both among men and among women, a greater number of subjects with a hyperactivity reaction were revealed. In 37 % of the examined, regardless of gender, the state of the optimal working voltage of the body was revealed. It has been established that sympathotonics dominate among women, this may indicate lower adaptive abilities of women, which is a sign of greater energy expenditures during adaptation, and normotonics dominate among men. When compared with indicators of the functioning of the body of men and women, features of the deterioration

of blood circulation regulation and a decrease in the level of physiological health in vagotonic men were revealed.

**Keywords:** nervous system, functional state, Tajiks, variational cardiointervalometry, climatogeographic conditions, adaptation.

### References

1. Glass L., Mackey M. C. *From clocks to chaos: the rhythms of life*, 214 (Princeton: Princeton University Press, 1988).
2. Glass L. Synchronization and rhythmic processes in physiology, *Nature*, **410**, 277 (2001).
3. Mosekilde E., Maistrenko Yu., Postnov D. *Chaotic synchronization, applications to living systems*, 42 (Singapore: World Scientific, 2002).
4. Pitkevich M. Yu., Arakelov G. G. The influence of the educational environment on the stress of students of different gender affiliation, *Bulletin of RUDN University, series Ecology and Life Safety*, **1**, 104 (2015).
5. Bukhtiyarov I. V., Matukhin V. V., Jushkova O. I. [et al]. Fiziologicheskie osobennosti for-mirovaniya psihojemotional'nogo perenaprjazheniya u rabotnikov umstvennogo truda i ego profilaktika [The physiological features of overstrain formation in mental work and its prevention]. *Rossiyskij fiziologicheskij zhurnal im. I. M. Sechenova*, **100**, **11**, 1324 (2014).
6. Kaptsov V. A., Sosunov N. N., Shishchenko I. I., Viktorov V. S., Tulushev V. N., Deynego V. N., Bukhareva E. A., Murashova M. A., Shishchenko A. A. Functional state of the visual analyzer under traditional and LED illumination, *Gigiena i sanitariya*, **93** (4), 120 (2014).
7. Gubareva L. I., Ponomareva T. Yu., Ermolova L. S. [CNS functioning in workers of the gas transportation system with varying degrees of adaptation to the professional environment], *Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza*, **11** (4), 573 (2016).
8. Belkic K., Landsbergis P. A. Is job strain a major source of cardiovascular risk, *Scand. J. Work Environ. Health*, **30**, (2), 85 (2004).
9. Maximov A. L., Loskutova A. N. Heart rate variability structure features in persons born in magadan region depending on vegetative regulation type, *Human Ecology*, **6**, 3 (2013).
10. Baevsky R. M., Ivanov G. G., Chireikin L. V. i dr. *Vestnik aritmologii* [Bulletin of Arrhythmology], **24**, 65 (2001).
11. *Vremennye metodicheskie rekomendacii po raschetu pokazatelej professional'nogo riska* [Interim guidelines for the calculation of professional risk indicators]. In N. F. Izmerov, ed. Moscow, Research Institute of Occupational Health, 16 p. (2005) (in Russ.).
12. Demin D. B., Poskotina I. V., Krivonogova E. V. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], **3**, 16 (2012).
13. Kudrya O. N. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State Pedagogical University], **5** (107), 55 (2011).
14. Igisheva I. N., Kazin E. M., Galeev A. R. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], **32**, **3**, 55 (2006).
15. Babsky E. B., Zubkov A. A., Kositsky G. I., Khodorov B. I. *Human Physiology*, 268 p. (M.: Medicine, 1972).
16. Latyushin Yu. V., Petrushkina N. P., Zvyagina E. V., Vorovsky S. N., Kharina I. F. Evaluation of the psychophysiological state of students-athletes on indicators of concentration of attention and adaptation potential, *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. Series: Biologi, chemistry*, **5** (71), **4**, 50 (2019).
17. Muller H., R. Psych. Private practice in clinical health psychology. [http:// www.armueller-healthpsychology.com/heart\\_rate\\_variability.html](http://www.armueller-healthpsychology.com/heart_rate_variability.html) (accessed: 08.08.2020r.).
18. Vorobieva T. G., Kharchenko L. V., Shamshuleeva E. F. *Human. Sport. Medicine*, **19**, **3**, 14 (2019).
19. Khodzhiev M., Izmerov N. F., Bukhtiyarov I. V. *Health Risk Analysis*, **3**, 48. DOI: 10.21668/health risk/2017.3.06.eng. (2017).
20. Verbitsky E. V., Voynov S. N., Litvinenko S. N., Dvadenko K. V., Sysoeva Yu. Yu., *High Alt. Med. Biol.* **3**, 45 (2012).
21. Solonin Yu. G., Markov A. L., Bojko E. R., *Izv. UrO RAN.*, **3**(7), 43 (2011).

**УДК 59.002+595.783**

**ОПЫТ ОЦЕНКИ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОСТОВСКОЙ  
ОБЛАСТИ В АСПЕКТЕ СОХРАНЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ  
(LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA, NOCTUOIDEA)**

*Романчук Р. В.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

<sup>2</sup>*Испытательная лаборатория Ростовского филиала ФГБУ «ВНИИКР», Ростов-на-Дону, Россия*

*E-mail: roma.romanчук.95@bk.ru*

Представлены результаты первой попытки оценить репрезентативность региональной системы ООПТ Ростовской области с точки зрения сохранения разнообразия насекомых отряда Lepidoptera. Проанализированы 19 наиболее богатых по известному видовому составу булавоусых и совкообразных чешуекрылых ООПТ, часть из которых совпадают с региональными «энтомологическими рефугиумами». В качестве показателя репрезентативности рассматривалась представленность на их территории 176 «видов-маркёров», каждому из которых была присвоена одна из трёх категорий уязвимости: CR, EN или VU. Ключевыми характеристиками ООПТ служили: индекс редких видов, их основная созологическая функция, уровень созологической значимости территории, уровень территориальной защищенности видов, тип резервируемых сообществ чешуекрылых. Результаты позволяют сделать вывод о высокой природоохранной значимости охраняемых территорий в отношении сохранения специфичных сообществ чешуекрылых. Уровень специфичности резервируемых на ООПТ комплексов Papilionoidea и Noctuoidea указывает на уникальность видового состава и экологических связей региональных лепидоптерофаун в биогеоценозах. Предложен ряд рекомендаций, направленных на усовершенствование территориальных форм охраны чешуекрылых и других насекомых.

**Ключевые слова:** охрана природы, охрана насекомых, редкие виды, виды-маркёры, индекс редких видов, энтомологические рефугиумы, местообитания, юг России.

## **ВВЕДЕНИЕ**

С конца прошлого века в Европе и по всему миру наблюдается активное расширение природоохранной деятельности, нацеленное на сохранение биологического разнообразия и поддержания равновесия в природных экосистемах [1–3]. На сегодняшний день, это продолжает оставаться одной из наиболее актуальных и тяжело решаемых проблем современности, привлекающей внимание не только учёных-биологов и специалистов из других сфер, но и широкий круг заинтересованных лиц [4].

Во многих регионах разрабатываются и совершенствуются различные созологические концепции и подходы [5–8]. Однако, наиболее эффективным механизмом поддержания экологического баланса территорий и сохранения



естественного биологического разнообразия по-прежнему остаются особо охраняемые природные территории (ООПТ) [9]. Краеугольным камнем в этом подходе является выделение и организация грамотного управления ООПТ. И в этом аспекте наибольшее число противоречий возникает в вопросах пригодности особо охраняемых природных территорий для защиты редких и уязвимых видов насекомых, а также целых энтомологических комплексов в составе биогеоценозов [10–12]. Последнее имеет ключевое значение, поскольку, в отличие от позвоночных животных, охранять отдельные виды насекомых не представляется возможным, и в данном случае необходимы комплексные меры, включающие охрану биотопов и станций обитания.

Во многом вопрос управления в региональных сетях ООПТ широко освещен в научной литературе [13–17]. Кроме того, в нашей стране был разработан ряд по-разному обоснованных, но между тем очень схожих, подходов к охране фаунистических комплексов насекомых: концепция «ключевых природных территорий» (КПТ) [5], концепция «экстразональных фаунистических группировок» (ЭФГ) [6] и концепция региональных «энтомологических рефугиумов» (ЭР) [7, 18, 19]. Последняя активно разрабатывалась в Ростовской области (РО) на протяжении многих лет и по-прежнему остаётся хорошей альтернативой «классическим» подходам к охране насекомых. Отметим, также, что концепция «энтомологических рефугиумов» согласуется с Бернской конвенцией 1989 г., раскрывающей понятие «территорий особого природоохранного значения» (ТОПЗ), способствующих поддержанию высокого видового разнообразия или популяций редких видов [20].

На территориях ООПТ совместно обитают как устойчивые к антропогенному воздействию виды живых организмов, так и таксоны-индикаторы ненарушенных или мало нарушенных местообитаний [21]. Зачастую комплекс этих специфичных видов определяет действительное состояние экосистемы. В РО сеть охраняемых территорий достаточно обширна и включает 82 ООПТ различного уровня общей площадью 233,49 тыс. га [22]. Кроме того, на территории РО расположены два водно-болотных угодья (ВБУ) международного значения: «Озеро Маньч-Гудило» и «Веселовское водохранилище», общей площадью 4,2 тыс. га [22]. Проблема, однако, состоит в том, что на основные природоохранные функции даже самых благополучных ООПТ влияет ряд серьёзных деструктивных факторов [23]. Помимо прочего, европейскими исследователями была поставлена под сомнение ценность ООПТ для сохранения биоразнообразия в долгосрочной перспективе, поскольку виды изменяют свое распределение в ответ на изменения климата [24]. Между тем, создание и поддержание репрезентативной сети охраняемых природных территорий, отражающей всё многообразие представителей растительного и животного мира региона, является одним из необходимых условий эффективной деятельности в области сохранения биоразнообразия [9]. Всё это даёт дополнительный стимул для интенсификации всестороннего изучения подходов к территориальной охране видов.

Целью данного исследования стала попытка оценить репрезентативность системы ООПТ Ростовской области с точки зрения сохранения разнообразия чешуекрылых из надсемейств Papilionoidea и Noctuoidea.

В задачи исследования входил анализ охраняемых территорий по нескольким ключевым характеристикам: представленности на них «видов-маркёров», индексу

редких видов, основным созологическим функциям, уровню созологической значимости территорий, уровню территориальной защищенности видов, типу резервируемых сообществ чешуекрылых.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Источником информации и материалами для настоящей работы послужили инициативные исследования автора, посвященные углубленному изучению лепидоптерофауны региональной сети ООПТ и охватывающие период с 2015 по 2020 г., а также обширные данные мониторинга и сборов чешуекрылых, проводившихся старшим научным сотрудником Ботанического сада Южного федерального университета А. Н. Полтавским на территории Ростовской области с 1972 по 2016 г.

Сборы ночных чешуекрылых осуществлялись при помощи световых ловушек, оснащенных ртутными лампами и совмещаемых с белым светоотражающим экраном для повышения эффективности сборов, а также приманочных ловушек со специальными приманочными блоками, пропитанными аттрактивным составом. При замаривании бабочек применялся этилацетат.

Учёт дневных чешуекрылых осуществлялся стандартным маршрутным методом на трансектах [25–27], уточнённый А. Н. Полтавским – при пересчёте показателей обилия на единицу площади применялась формула:

$$X = \frac{S}{LB} \times A,$$

где X – показатель плотности вида (экз./га), S – площадь 1 га (10 000 м<sup>2</sup>), L – длина маршрута, B – ширина маршрута, A – число зарегистрированных особей.

Результаты камеральной обработки вносились в базы данных на основе стандартных программ Access и Excel из пакета Microsoft Office по следующим схемам:

а) № вида в базе, род, вид, пункт, дата, число экземпляров, метод сбора;

б) № вида в базе, надсемейство, семейство, подсемейство, триба, латинское название вида, дата сбора, место сбора, количество особей, плотность, обилие в Ростовской области, вид-маркёр, редкий/локальный, Красная книга Ростовской области, Красная книга Российской Федерации, Красный список Международного союза охраны природы (МСОП), экологическая группа, трофическая приуроченность, хозяйственное значение, собрал(а)/учёл(учла), определил(а). Выборки из баз данных проводились средствами программ Access и Excel, а все необходимые и сопутствующие исследованию расчёты велись в программе Excel.

В данной работе анализируется состав дневных (Papilionoidea) и совкообразных чешуекрылых (Noctuoidea) 19 ООПТ Ростовской области, территориально и ландшафтно-биотопически совпадающих с некоторыми «энтомологическими рефугиумами». Выбор указанных таксономических групп обусловлен высокой степенью полноты собранного энтомологического материала и массивом накопленных эмпирических данных, что определяет объективность результатов исследования.

Систематика Papilionoidea приведена в соответствии с новейшим «Каталогом чешуекрылых России» [28], Noctuoidea – в соответствии с монографией «Совкообразные чешуекрылые (Lepidoptera, Noctuoidea) Ростовской области» [29]. Основная часть собранного энтомологического материала хранится в частных коллекциях автора (г. Ростов-на-Дону) и А. Н. Полтавского (г. Ростов-на-Дону).

Было решено не рассматривать в рамках исследования исключительно «краснокнижные» виды бабочек, поскольку список редких и локальных чешуекрылых в Красной книге Ростовской области [30] не отражает объективных данных о видовом составе и численности уязвимых представителей отряда в регионе и на ООПТ в частности. Исходя из этого, в число модельных таксонов булавоусых и совкообразных включены так называемые «виды-маркёры энтомологических рефугиумов», обоснование термина и метод выделения которых подробно изложен в ряде работ [7, 19]. Данный комплекс видов представляет собой широкий спектр экологических адаптаций и зоогеографических групп. При этом определяющим критерием выбора их в качестве модельных стали достоверные сведения о стенобионтности, редкости и высоколокальности на всей территории области [12, 31–35]. В рамках работы предлагаем рассматривать выделенные для анализа «виды-маркёры» из групп Papilionoidea и Noctuoidea как часть индикаторного ядра региональной фауны. В их число вошли 71 вид дневных чешуекрылых и 6 семейств и 105 видов совкообразных из 3 семейств. Указанные в качестве модельных надсемейства чешуекрылых являются одними из наиболее изученных таксономических групп насекомых в Ростовской области.

Отбор ООПТ для оценки репрезентативности был осложнён тем, что для всей региональной сети охраняемых природных территорий видовые списки чешуекрылых либо недостаточно полны, либо отсутствуют. Для частичного решения данной проблемы были проанализированы базы данных сбора и учёта бабочек за весь период активных исследований, благодаря чему удалось выделить ООПТ, наиболее богатые по известному видовому составу Lepidoptera. В случаях отсутствия фаунистических списков для конкретных охраняемых территорий, анализу подвергались совпадающие с ними «энтомологические рефугиумы». Устанавливался видовой состав точек сборов материала, территориально входящих или близких к существующим ООПТ.

На основе полученных данных отбирались наиболее крупные по площади и наиболее изученные в отношении Papilionoidea и Noctuoidea охраняемые территории, в число которых вошли: 11 Охраняемых Ландшафтов (ОЛ), 4 Охраняемых Природных объекта (ОПО), 1 Природный Парк (ПП), 1 Государственный Биосферный Природный Заповедник (ГБПЗ), 1 Государственный музей-заповедник (ГМЗ), 1 ООПТ федерального значения (ООПТ ФЗ). Отметим, что в ГМЗ территориально входят несколько небольших по площади ОЛ и ОПО (ОЛ «Антиповский бор», ОЛ Урочище «Паники», ОЛ «Шолоховские озера», ОЛ Урочище «Островное», ОЛ «Еланские озера», ОПО «Ольшаники», ОПО «Дуб великан»). Но в силу близкого расположения друг к другу и фактической идентичности видового состава булавоусых и совкообразных, считаем целесообразным рассматривать данный комплекс охраняемых территорий как

единую крупную ООПТ – Государственный музей-заповедник М. А. Шолохова, территориально совпадающую с Шолоховским «энтомологическим рефугиумом». Из полученных фаунистических списков отобранных ООПТ были сформированы отдельные списки «видов-маркёров» надсемейств Papilionoidea и Noctuoidea, отражающие видовой состав модельных таксонов каждой из них.

В качестве показателя репрезентативности ООПТ нами рассматривается представленность на их территории «видов-маркёров», выделенных на основании подхода к составлению Красного списка МСОП, адаптированного к базам данных чешуекрылых юга России [7]. Каждому «маркёру» была присвоена одна из трёх созологических категорий (категорий угрожаемости): CR – «Critically Endangered» – находящийся в критической опасности; EN – «Endangered» – находящийся в опасном состоянии; VU – «Vulnerable» – уязвимый вид. Группы видов, входящие в эти категории, относятся к оперативному индикаторному ядру региональной фауны в первую очередь. Возможность применения критериев МСОП к редким и локальным видам чешуекрылых региональной фауны, а также методика их присвоения «видов-маркёров» из разных таксономических групп чешуекрылых подробно изложена в литературе [7; 11].

В основе данной работы частично лежит подход, предложенный ижевским энтомологом Д. А. Адаховским в ряде статей, посвящённых созологическому анализу лепидоптерофауны Удмуртской Республики [36, 37]. В качестве основного индикатора состояния и созологической значимости проанализированных областных ООПТ нами рассматривался индекс редких видов (ИРВ), рассчитываемый по формуле:

$$\text{ИРВ} = \sum \frac{N_i}{C_i},$$

где  $N_i$  – число видов групп определённой категории угрожаемости,  $C_i$  – категория угрожаемости [38]. При работе с формулой для рассматриваемых категорий принимались следующие формальные численные значения  $C_i$ : CR – 1, EN – 2; VU – 3.

На основании полученных показателей ИРВ устанавливался уровень созологической значимости (УСЗ) исследованных ООПТ: 0–5 – средний, 5–10 – повышенный, 10–20 – высокий, 10–>30 – очень высокий.

Нами давалась качественная характеристика состава Papilionoidea и Noctuoidea проанализированных охраняемых природных территорий с точки зрения уровня их природоохранной значимости, типов обитающих на ООПТ сообществ чешуекрылых (ТСЧ), а также основных созологических функций (ОСФ) ООПТ, таких как объектозащитная, рекреационная, ресурсоохранная, средообразующая, рефугиумная и эталонная. На основании этого были выделены особо охраняемые природные территории, представляющие наибольшую ценность в отношении сохранения локальных «маркёрных лепидоптерофаун», отличающихся своей уникальностью.

Упоминания региональных ООПТ даются в соответствии с Областным законом от 28.12.2005 г. № 434-ЗС. «Об особо охраняемых природных территориях Ростовской области» с изменениями от 07.11.2018 г, а также изданием «Природно-

заповедный фонд Тихого Дона» [22]. Для удобства все сокращения, использованные в статье, расшифрованы в тексте.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основной массив полученных данных по проанализированным особо охраняемым природным территориям, включающий обозначенные выше характеристики, представлен в таблице 1.

**Таблица 1**

**Созологически значимые характеристики Papilionoidea и Noctuoidea ООПТ Ростовской области**

1	2	3	4	5	6	7	8
Административные районы, ООПТ	Характеристики ООПТ						
	Часть области; площадь ООПТ (га)	Созологические категории, число видов		ИРВ	УСЗ	ОСФ	ТСЧ
		Papilionoidea	Noctuoidea				
<b>Верхнедонской район</b>							
ОПО «Песковатско-Лопатинский лес»	Северная; 97,5	CR – 0; EN – 5; VU – 3	CR – 0; EN – 6; VU – 3	8,5	Пв	Рек; Рэн; Соб; Э	РдЛ
ОПО Урочище «Донецкое»	Северная; 49,0	CR – 0; EN – 4; VU – 0	CR – 0; EN – 5; VU – 3	5,5	Пв	Рек; Соб; Э	Т
ОЛ Урочище «Калинов куст»	Северная; 128,0	CR – 0; EN – 7; VU – 3	CR – 0; EN – 7; VU – 4	9,3	Пв	Рек; Соб; Э	РдЛ
<b>Шолоховский район</b>							
ГМЗШ им. М.А. Шолохова	Северная; 38 236,0	CR – 0; EN – 14; VU – 12	CR – 0; EN – 17; VU – 2	20,2	ОВ	Оза; Рек; Рох; Рэн; Соб;	РдЛ
<b>Миллеровский район</b>							
ОЛ «Фоминская дача»	Северная; 1 576,8	CR – 0; EN – 19; VU – 13	CR – 0; EN – 2; VU – 0	14,8	В	Рек; Рох; Рэн; Соб	РдЛ

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Тарасовский район</b>							
ОЛ «Городищенская дача»	Северная; 506,4	CR – 0; EN – 19; VU – 9	CR – 0; EN – 39; VU – 3	33	ОВ	Рбг; Рек; Рэн; Соб	РдЛ
ОЛ «Степные колки»	Северная; 108,1	CR – 0; EN – 2; VU – 3	CR – 1; EN – 1; VU – 0	2,5	Ср	Рек; Соб	Т
<b>Милютинский район</b>							
ОЛ «Балки Липовая и Рассыпная»	Северная; 1 196,2	CR – 0; EN – 4; VU – 3	CR – 1; EN – 14; VU – 0	11	В	Рек; Рох; Соб; Э	РдЛ
<b>Каменский район</b>							
ОПО «Меловые обнажения на р. Глубокая»	Северная; 98,9	CR – 0; EN – 2; VU – 5	CR – 0; EN – 2; VU – 0	3,7	Ср	Рек; Соб; Э	Т
<b>Белокалитвинский район</b>							
ОЛ Урочище «Чёрная балка»	Северная; 522,9	CR – 0; EN – 11; VU – 12	CR – 0; EN – 3; VU – 1	11,3	В	Рек; Рох; Рэн; Соб; Э	РдЛ
<b>Куйбышевский район</b>							
ОПО «Лысогорка»	Центральная; 92,0	CR – 1; EN – 10; VU – 6	CR – 1; EN – 2; VU – 0	10	В	Рбг; Рек; Рэн; Соб; Э	РдЛ
<b>Октябрьский район</b>							
ОЛ «Золотые горки»	Центральная; 560,2	CR – 0; EN – 9; VU – 5	CR – 1; EN – 2; VU – 0	8,2	Пв	Рбг; Рек; Рэн; Соб; Э	Т

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Усть-Донецкий район</b>							
ОЛ «Раздорские склоны»	Центральная; 1 117,6	CR – 0; EN – 18; VU – 11	CR – 2; EN – 18; VU – 4	25	ОВ	Рбг; Рек; Рох; Рэн; Соб; Э	РдЛ
ОЛ «Кундрюченские пески»	Центральная; 2 689,0	CR – 0; EN – 10; VU – 15	CR – 0; EN – 6; VU – 2	13,7	В	Рек; Рэн; Соб; Э	РдЛ
<b>Мясниковский район</b>							
ОЛ «Чулеская балка»	Центральная; 190,0	CR – 1; EN – 11; VU – 4	CR – 6; EN – 23; VU – 5	27	ОВ	Рбг; Рек; Рох; Рэн; Соб; Э	Ун
<b>Азовский, Мясниковский, Неклиновский, Цимлянский районы</b>							
ПП «Донской»	Центральная; 39 516,3	CR – 1; EN – 7; VU – 1	CR – 0; EN – 8; VU – 2	9,5	Пв	Рбг; Рек; Рох; Рэн; Соб; Э	Ун
<b>г. Ростов-на-Дону</b>							
ООПТ ФЗ Ботанический сад ЮФУ	Центральная; 160,5	CR – 2; EN – 8; VU – 3	CR – 1; EN – 7; VU – 1	11,8	В	Оза; Рек; Рох; Рэн; Соб; Э	Ун
<b>Сальский район</b>							
ОЛ «Балка Хлебная»	Юго-восточная; 117,0	CR – 0; EN – 1; VU – 1	CR – 2; EN – 8; VU – 5	8,5	Пв	Рбг; Рэн; Соб; Э	РдЛ

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Орловский район</b>							
ГБПЗ «Ростовский»	Юго- восточная; 9 464,8	CR – 1; EN – 4; VU – 2	CR – 1; EN – 19; VU – 5	15,5	В	Оза; Рбг; Рек; Рох; Рэн; Соб; Э	Ун

*Примечание:* ОСФ – основная созологическая функция ООПТ: Оза – объектозащитная, Рбг – резерват биогеографический, Рек – рекреационная; Рох – ресурсоохранная, Рэн – рефугиум энтомологический, Соб – средообразующая, Э – эталонная; ТСЧ – тип сообщества чешуекрылых: Т – типичные, РдЛ – редкие и локальные, Ун – уникальные; УСЗ – уровень созологической значимости: ОВ – очень высокий, В – высокий, Пв – повышенный, Ср – средний.

Как правило, для стенобионтных видов чешуекрылых территориальное расположение ООПТ имеет важное значение, поскольку нормальное существование локальных популяций уязвимых видов зависит от ландшафтно-биотопических особенностей мест обитания. По территории Ростовской области исследованные охраняемые природные территории распределены следующим образом: северная часть – 10, центральная часть – 7, юго-восточная часть – 2. Суммарное количество «видов-маркёров» индикаторных таксономических групп и соответствующие им суммарные индексы редких видов принимают следующие значения: северные районы: CR – 2, EN – 103, VU – 27, ИВР – 62,5; центральные районы: CR – 12, EN – 85, VU – 22, ИВР – 61,8; юго-восточные районы: CR – 4, EN – 28, VU – 13, ИВР – 22,3.

Наибольшее число исследованных ООПТ расположено в северных районах Ростовской области, что оправдано спецификой природной среды данной части субъекта. Природно-климатические особенности северной части области заметно отличаются от таковых в центральной и юго-восточной частях: на севере большие площади занимают байрачные и пойменные леса, к долинам рек примыкают участки разнотравных степей на южных чернозёмах или на песчаных почвах, рельеф северной части области расчленён значительно сильнее и отличается глубокими долинами рек с открывающимися в них балками и оврагами [39]. Охраняемые природные территории северной части РО характеризуются уникальными, наименее изменёнными антропогенным влиянием природными урочищами, включающими множество биотопов с богатой и разнообразной флорой и фауной, в том числе и фауной чешуекрылых [39]. В определённой степени это подтверждается наибольшим суммарным числом выявленных «маркёрных» видов бабочек (132 вида против 119 и 40) из трёх созологических категорий и самым высоким соответствующим им суммарным ИРВ.

Установленный УСЗ проанализированных ООПТ позволяет делать вывод об их высокой природоохранной значимости в отношении сохранения специфичных ландшафтных и биотопических комплексов булавоусых и совкообразных



чешуекрылых. Из 19 охраняемых природных территорий 4 отличаются очень высоким показателем уровня созологической значимости, высокий показатель УСЗ установлен для 7 ООПТ, повышенный – для 6 ООПТ, средний – лишь для 2 ООПТ (табл. 1).

На основе литературных данных [7, 13–17, 19, 22, 38, 40] и результатов инициативных исследований выделен ряд основных созологических функций каждой из представленных в исследовании ООПТ, позволяющих, помимо прочего, сохраняться уникальным сообществам чешуекрылых на охраняемых территориях:

1) Объектозащитная функция заключается в сохранении памятников истории и культуры. Установлена для 3 ООПТ (табл. 1).

2) Резерват биогеографический – обеспечивает сохранение на территории региона уникальных биогеографических локалитетов. Характерен для 8 ООПТ (табл. 1).

3) Рекреационная функция связана с сохранением рекреационных и лечебных ресурсов, использование которых требует постоянного восстановления. Установлена для 18 ООПТ (табл. 1).

4) Ресурсоохранная функция заключается в сохранении и восстановлении ресурсов, пользование которыми непосредственно связано с их изъятием из природы. Установлена для 8 ООПТ (табл. 1).

5) Рефугиум энтомологический – функция реализуется при условии полного или частичного территориального и ландшафтно-биотопического совпадения конкретной ООПТ с известным «энтомологическим рефугиумом». Заключается в сохранении основного ядра энтомофауны региона на отдельных небольших по площади убежищах, спонтанно сформировавшихся на малопригодных для сельскохозяйственного использования участках. Установлена для 13 ООПТ (табл. 1).

6) Средообразующая функция заключается в поддержании экологического баланса, сохранении или восстановлении биологического разнообразия, природных комплексов и их компонентов. Установлена для всех 19 ООПТ (табл. 1).

7) Эталонная функция заключается в сохранении малоизменённых природных комплексов и свойственных им индикаторных таксономических групп. Установлена для 15 ООПТ (табл. 1).

В аспекте резервирования уникальных природных комплексов и сохранения связанных с ними уязвимых видов бабочек из рассматриваемых индикаторных групп, наиболее значимыми являются следующие функции: средообразующая, эталонная, резерват биогеографический, рефугиум энтомологический. По уровню специфичности комплексы Papilionoidea и Noctuoidea из перечня исследованных ООПТ разделены на несколько групп в соответствии с типом представленных на них сообществ чешуекрылых (ТСЧ): типичные в РО – 4, редкие и локальные для РО – 11, уникальные для РО – 4. Полученные к настоящему времени данные позволяют сделать общие заключения по составу созологически значимых индикаторных групп булавоусых и совкообразных чешуекрылых лишь для некоторого числа областных ООПТ, в процентном соотношении составляющих приблизительно 30 % от общего числа региональных охраняемых природных территорий.

Уровень территориальной защищенности видов установлен на основании ряда ключевых показателей: по суммарному статусу ООПТ, стабильности популяций чешуекрылых-маркёров в станциях обитания, общей стабильности популяций более распространенных видов бабочек на ООПТ, степени защищенности местообитаний видов особенностями ландшафта и местности (табл. 2).

**Таблица 2**  
**Состояние территориальной защищенности чешуекрылых-маркёров**  
**исследованных ООПТ Ростовской области**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№	Созологическая категория, таксон	Категория ООПТ, число						Уровень территориальной защищенности видов
		ГБПЗ	ГМЗШ	ОЛ	ОПО	ПП	ФЗ	
<b>CR</b>								
<b>Papilionoidea</b>								
Pieridae								
Pierinae								
1	<i>Zegris eupheme</i> (Esper, [1804])	1	–	–	–	–	–	Умеренный
Coliadinae								
2	<i>Colias myrmidone</i> (Esper, 1781)	–	–	1	–	–	–	Низкий
Lycaenidae								
Polyommatainae								
3	<i>Polyommatus damocles</i> (Herrich-Schaffer, 1844)	–	–	–	1	–	–	Низкий
4	<i>Lampides boeticus</i> (Linnaeus, 1767)	–	–	1	–	1	1	Умеренный
Nymphalidae								
Nymphalinae								
5	<i>Aglais urticae</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	–	1	Умеренный
<b>Noctuoidea</b>								
Noctuidae								
Cucullinae								
1	<i>Cucullia thapsiphaga</i> (Treitschke, 1826)	–	–	1	1	–	–	Умеренный
Psaphidinae								
2	<i>Asteroscopus sphinx</i> (Hufnagel, 1766)	1	–	1	–	–	–	Умеренный
Acronictinae								
3	<i>Craniophora pontica</i> (Staudinger, 1878)	–	–	3	–	–	1	Умеренный
Xyleninae								
4	<i>Photedes morrisii</i> (Dale, 1837)	–	–	1	–	–	–	Низкий
5	<i>Photedes extrema</i> (Hubner, 1809)	–	–	1	–	–	–	Низкий
6	<i>Apamea scolopacina</i> (Esper, 1788)	–	–	1	–	–	–	Низкий
7	<i>Apamea unanimitis</i> (Hubner, 1813)	–	–	1	–	–	–	Умеренный
8	<i>Caradrina fulvafusca</i> (Hacker, 2004)	–	–	1	–	–	–	Умеренный
9	<i>Hydrillula pallustris</i> (Hubner, 1808)	–	–	1	–	–	–	Низкий

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>EN</b>								
<b>Papilionoidea</b>								
Hesperiidae								
Pyrginae								
1	<i>Carcharodus orientalis</i> (Reverdin, 1913)	–	–	3	–	–	–	Умеренный
2	<i>Carcharodus lavatherae</i> (Esper, 1783)	–	–	3	–	–	–	Высокий
3	<i>Muschampia tessellum</i> (Hubner, 1803)	–	–	3	–	–	1	Умеренный
4	<i>Pyrgus alveus</i> (Hubner, 1803)	–	–	1	–	1	–	Умеренный
5	<i>Pyrgus sidae</i> (Esper, [1784])	–	1	4	1	–	–	Высокий
6	<i>Pyrgus serratulae</i> (Rambur, [1839])	–	–	3	1	–	–	Умеренный
7	<i>Pyrgus armoricanus</i> (Oberthür, 1910)	–	–	2	–	–	–	Низкий
Heteropterinae								
8	<i>Heteropterus morpheus</i> (Pallas, 1771)	–	–	1	–	1	–	Низкий
Pieridae								
Dismorphiinae								
9	<i>Leptidea sinapis</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	3	1	–	–	Высокий
Pierinae								
10	<i>Pontia chloridice</i> (Hubner, [1813])	–	–	–	–	1	–	Умеренный
11	<i>Euchloe ausonia</i> (Hubner, 1804)	1	–	–	–	–	–	Умеренный
Coliadinae								
12	<i>Colias croceus</i> (Geoffroy, 1785)	1	–	2	–	–	1	Высокий
Lycaenidae								
Lycaeninae								
13	<i>Lycaena alciphron</i> (Rottemburg, 1775)	–	–	3	–	–	–	Низкий
Theclinae								
14	<i>Thecla betulae</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1	1	1	1	Умеренный
15	<i>Favonius quercus</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	5	–	–	1	Высокий
16	<i>Callophrys chalybeitincta nigra</i> (Stradomsky, 2005)	–	–	2	–	1	–	Умеренный
17	<i>Satyrrium acaciae</i> (Fabricius, 1787)	–	–	5	–	–	–	Высокий
Polyommatae								
18	<i>Cupido osiris</i> (Meigen, [1829])	–	1	–	–	–	–	Низкий
19	<i>Cupido alcetas</i> (Hoffmansegg, 1804)	–	–	4	–	2	–	Умеренный
20	<i>Cupido decoloratus</i> (Staudinger, 1886)	–	–	–	–	1	–	Умеренный
21	<i>Pseudophilotes vicrama</i> (Moore, 1865)	–	–	–	2	–	–	Низкий
22	<i>Phengaris teleius</i> (Bergstrasser, 1779)	–	1	1	–	–	–	Умеренный
23	<i>Plebejus idas</i> (Linnaeus, 1761)	–	–	1	1	–	–	Низкий
24	<i>Aricia artaxerxes</i> (Fabricius, 1793)	–	1	3	1	–	–	Умеренный
25	<i>Eumedonia eumedon</i> (Esper, [1780])	–	–	3	–	–	–	Низкий
26	<i>Cyaniris semiargus</i> (Rottemburg, 1775)	–	1	1	–	–	–	Умеренный
27	<i>Polyommatus eros boisduvalii</i> (Herrich-Schaffer, [1843])	–	–	2	–	–	–	Низкий
28	<i>Polyommatus daphnis</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1	–	4	3	–	–	Высокий
Nymphalidae								
Apaturinae								
29	<i>Apatura metis</i> (Freyer, 1829)	–	–	3	1	–	1	Высокий
Limenitidinae								
30	<i>Neptis rivularis</i> (Scopoli, 1763)	–	1	7	–	–	–	Высокий

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nymphalinae								
31	<i>Araschnia levana</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	4	2	–	–	Высокий
32	<i>Nymphalis xanthomelas</i> (Esper, 1781)	–	1	4	–	–	–	Умеренный
Melitaeinae								
33	<i>Melitaea arduinna</i> (Esper, [1783])	–	–	3	2	–	–	Умеренный
34	<i>Melitaea athalia</i> (Rottemburg, 1775)	–	–	2	–	–	–	Низкий
35	<i>Melitaea britomartis</i> (Assmann, 1847)	–	–	2	–	–	–	Умеренный
Heliconiinae								
36	<i>Argynnis aglaja</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	2	1	–	–	Высокий
Satyridae								
Elymniinae								
37	<i>Pararge aegeria</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	3	2	–	1	Высокий
38	<i>Lasiommata maera</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	4	–	–	–	Умеренный
Satyrinae								
39	<i>Coenonympha leander</i> (Esper, 1784)	–	1	–	–	–	–	Низкий
40	<i>Triphysa phryne</i> (Pallas, 1771)	1	–	1	–	–	–	Умеренный
41	<i>Proterebia afra</i> (Fabricius 1787)	1	–	1	–	–	1	Умеренный
42	<i>Melanargia russiae</i> (Esper, 1783)	–	1	4	–	–	–	Умеренный
43	<i>Chazara briseis</i> (Linnaeus, 1764)	–	–	2	–	–	–	Умеренный
44	<i>Satyrus ferula</i> (Fabricius, 1793)	–	–	1	–	–	–	Умеренный
45	<i>Hipparchia statilinus</i> (Hufnagel, 1766)	–	–	–	1	–	–	Низкий
46	<i>Hipparchia fagi</i> (Scopoli, 1763)	–	1	5	–	–	1	Высокий
Noctuoidea								
Nolidae								
Chloephorinae								
1	<i>Nycteola eremostola</i> (Dufay, 1961)	–	–	1	–	–	–	Низкий
Erebidae								
Eublemminae								
2	<i>Eublemma pallidula</i> (Herrich-Schaffer, 1856)	1	–	2	–	–	–	Высокий
3	<i>Eublemma parva</i> (Hubner, 1808)	1	–	2	–	–	–	Умеренный
4	<i>Eublemma pusilla</i> (Eversmann, 1834)	–	1	1	–	–	–	Низкий
5	<i>Eublemma polygramma</i> (Duponchel, 1842)	–	–	2	–	–	–	Низкий
6	<i>Eublemma rosina</i> (Hubner, [1803])	–	–	1	–	–	–	Низкий
Herminiinae								
7	<i>Macrochilo cribrumalis</i> (Hubner, 1793)	–	–	1	–	–	1	Умеренный
Hypeninae								
8	<i>Zekelita antiqualis</i> (Hubner, 1809)	–	–	2	–	–	–	Низкий
9	<i>Zekelita ravalis</i> (Herrich-Schäffer, 1851)	–	–	1	–	–	–	Низкий
Catocalinae								
10	<i>Lygephila lubrica</i> (Freyer, 1842)	–	1	4	2	–	–	Умеренный
11	<i>Lygephila viciae</i> (Hubner, 1822)	–	1	1	–	–	–	Умеренный
12	<i>Callistege fortalitium</i> (Tauscher, 1809)	–	1	–	–	–	–	Низкий
13	<i>Pericyma albidentaria</i> (Freyer, 1842)	1	–	1	–	–	–	Умеренный
14	<i>Catocala electa</i> (Vieweg, 1790)	–	–	2	–	–	–	Умеренный
15	<i>Catocala fraxini</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	2	–	–	1	Умеренный
16	<i>Catocala sponsa</i> (Linnaeus, 1767)	–	–	4	2	–	1	Высокий
Noctuidae								
Plusiinae								
17	<i>Panchrysia deaurata</i> (Esper, 1787)	–	–	3	2	1	–	Высокий

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Acontiinae								
18	<i>Acontia titania</i> (Esper, 1798)	–	–	3	–	–	–	Умеренный
Acronictinae								
19	<i>Eogena contaminata</i> (Eversmann, 1847)	–	–	2	–	–	–	Умеренный
20	<i>Simyra nervosa</i> (Denis & Schiffermuller, 1775)	–	–	2	1	–	–	Умеренный
21	<i>Apaustis rupicola</i> (Denis & Schiffermuller, 1775)	–	–	1	–	–	–	Низкий
Cuculliinae								
22	<i>Cucullia artemisiae</i> (Hufnagel, 1766)	–	–	3	–	–	–	Умеренный
23	<i>Cucullia dracunculi</i> (Hubner, 1813)	–	–	3	–	–	–	Низкий
24	<i>Cucullia fraudatrix</i> (Eversmann, 1837)	–	1	2	–	–	–	Умеренный
25	<i>Cucullia lactea</i> (Fabricius, 1787)	1	–	–	–	–	1	Умеренный
26	<i>Cucullia lychnitis</i> (Rambur, 1833)	–	–	2	1	–	–	Низкий
27	<i>Cucullia scrophulariae</i> (Denis & Schiffermuller, 1775)	–	–	2	–	–	–	Низкий
28	<i>Cucullia splendida</i> (Stoll, 1782)	–	–	1	–	–	–	Умеренный
29	<i>Cucullia magnifica</i> (Freyer, 1839)	–	1	–	–	–	–	Низкий
30	<i>Cucullia verbasci</i> (Linnaeus, 1758)	1	–	1	1	–	–	Высокий
31	<i>Cucullia virgaureae</i> (Boisduval, 1840)	1	–	1	–	–	–	Низкий
32	<i>Cucullia xeranthemi</i> (Boisduval, 1840)	–	–	2	–	–	–	Низкий
Oncocnemidinae								
33	<i>Omphalophana antirrhini</i> (Hubner, 1803)	–	–	2	–	–	–	Низкий
34	<i>Epimecia ustula</i> (Freyer, 1835)	–	–	1	–	–	–	Низкий
Amphipyriinae								
35	<i>Amphipyra tetra</i> (Fabricius, 1787)	–	1	2	–	–	–	Умеренный
Psaphidinae								
36	<i>Meganephria bimaculosa</i> (Linnaeus, 1767)	–	–	2	–	–	–	Низкий
Heliothinae								
37	<i>Pyrrhia purpura</i> (Hubner, [1817])	–	–	1	–	–	–	Низкий
38	<i>Aedophron rhodites</i> (Eversmann, 1851)	1	–	1	–	–	–	Умеренный
Condicinae								
39	<i>Eucarta amethystina</i> (Hubner, 1803)	–	–	1	–	1	1	Умеренный
Xyleninae								
40	<i>Denticucullus pygmina</i> (Haworth, 1809)	–	–	3	–	1	–	Умеренный
41	<i>Photedes fluxa</i> (Hubner, 1809)	–	1	2	2	–	–	Высокий
42	<i>Protarchanara brevilinea</i> (Fenn, 1864)	1	–	–	–	–	–	Умеренный
43	<i>Capsula algae</i> (Esper, 1789)	–	–	2	–	–	–	Высокий
44	<i>Pabulatrix pabulatricula</i> (Brahm, 1791)	–	–	–	–	1	–	Низкий
45	<i>Litoligia literosa</i> (Haworth, 1809)	–	1	–	–	–	–	Умеренный
46	<i>Xylomoia graminea</i> (Graeser, 1889)	–	–	1	–	–	–	Низкий
47	<i>Griposia aprilina</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1	1	–	–	Умеренный
48	<i>Griposia pinkeri</i> (Kobes, 1973)	–	–	1	–	–	–	Низкий
49	<i>Dryobotodes eremita</i> (Fabricius, 1775)	–	–	1	–	–	–	Низкий
50	<i>Dasypolia templi</i> (Thunberg, 1792)	–	–	1	–	–	–	Низкий
51	<i>Oxytripia orbiculosa</i> (Esper, 1799)	–	1	–	–	1	–	Умеренный
52	<i>Luperina taurica</i> (Kljutschko, 1967)	1	–	1	–	–	–	Умеренный
53	<i>Fabula zollikoferi</i> (Freyer, 1836)	–	–	1	–	–	–	Низкий
54	<i>Sedina buettneri</i> Hering (Hering, 1858)	–	–	2	–	1	–	Умеренный
55	<i>Archanaura neurica</i> (Hubner, 1808)	–	–	1	–	–	–	Низкий
56	<i>Sidemia spilogramma</i> (Rambur, 1871)	–	–	2	–	–	–	Низкий

1	2	3	4	5	6	7	8	9
57	<i>Staurophora celsia</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	2	–	–	–	Высокий
58	<i>Gortyna borelii</i> (Pierret, 1837)	–	–	2	–	–	–	Умеренный
59	<i>Caradrina flavirena</i> (Guenee, 1852)	–	–	1	–	–	–	Низкий
60	<i>Caradrina hypostigma</i> (Boursin, 1932)	–	–	2	–	–	–	Низкий
61	<i>Caradrina selimpides</i> (Bellier, 1863)	–	–	1	–	–	–	Низкий
62	<i>Caradrina vicina</i> (Staudinger, 1870)	1	–	–	–	–	–	Умеренный
<b>Hadeninae</b>								
63	<i>Saragossa porosa</i> (Eversmann, 1854)	1	–	2	–	–	–	Умеренный
64	<i>Conisania literata</i> (Fischer von Waldheim, 1840)	–	–	1	–	–	–	Низкий
65	<i>Enterpia laudeti</i> (Boisduval, 1840)	–	–	1	–	–	–	Низкий
66	<i>Hadena confusa</i> (Hufnagel, 1766)	1	–	1	–	–	–	Высокий
67	<i>Hadena luteocincta</i> (Rambur, 1834)	–	–	1	–	–	–	Низкий
68	<i>Hadena melanochroa</i> (Staudinger, 1892)	–	1	2	–	–	–	Высокий
69	<i>Hadena perplexa</i> (Denis & Schiffermuller, 1775)	1	–	2	–	–	–	Высокий
70	<i>Hadena scythia</i> (Klyuchko & Hacker, 1996)	–	–	2	–	–	–	Высокий
71	<i>Hadena syriaca</i> (Osthelder, 1933)	–	–	5	–	–	–	Высокий
72	<i>Mythimna alopecuri</i> (Boisduval, 1840)	1	–	–	–	–	–	Низкий
73	<i>Sideridis egena</i> (Lederer, 1853)	1	1	3	–	–	1	Высокий
74	<i>Perigrapha i-cinctum</i> (Denis & Schiffermuller, 1775)	1	–	–	–	–	–	Низкий
75	<i>Lacanobia splendens</i> (Hubner, 1808)	–	1	1	–	1	1	Высокий
<b>Noctuinae</b>								
76	<i>Noctua orbona</i> (Hufnagel, 1766)	1	1	–	–	1	–	Высокий
77	<i>Eugnorisma miniago</i> (Freyer, 1839)	–	–	2	–	–	–	Низкий
78	<i>Naenia typica</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1	–	–	–	Низкий
79	<i>Dichagyris forcipula</i> (Denis & Schiffermuller, 1775)	1	1	3	–	–	–	Высокий
80	<i>Dichagyris orientis</i> (Alpheraky, 1882)	1	–	2	2	–	–	Высокий
81	<i>Dichagyris squalorum</i> (Eversmann, 1856)	–	–	1	–	–	–	Низкий
82	<i>Euxoa christophi</i> (Staudinger, 1870)	–	–	1	–	–	–	Низкий
83	<i>Euxoa distinguenda</i> (Lederer, 1857)	1	–	–	–	–	–	Умеренный
84	<i>Agrotis desertorum</i> (Boisduval, 1840)	–	1	–	–	–	–	Умеренный
<b>VU</b>								
<b>Papilionoidea</b>								
<b>Papilionidae</b>								
<b>Parnassiinae</b>								
1	<i>Parnassius mnemosyne</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	3	–	–	–	Умеренный
2	<i>Zerynthia polyxena</i> (Denis & Schiffermuller, 1775)	–	1	6	1	–	1	Высокий
<b>Lycaenidae</b>								
<b>Theclinae</b>								
3	<i>Neolycaena rhytmus</i> (Eversmann, 1832)	–	1	6	2	–	–	Высокий
<b>Polyommatainae</b>								
4	<i>Pseudophilotes bavius</i> (Eversmann, 1832)	–	–	1	–	–	–	Низкий
5	<i>Phengaris arion</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	3	–	–	–	Умеренный
6	<i>Aricia agestis</i> (Denis & Schiffermuller, 1775)	–	1	5	–	1	1	Высокий
7	<i>Kretania pylaon</i> (Fischer von Waldheim, 1832)	–	–	1	1	–	–	Умеренный
8	<i>Polyommatus amandus</i> (Schneider, 1792)	–	1	6	–	–	–	Высокий
9	<i>Polyommatus coelestinus</i> (Eversmann, 1843)	–	–	3	2	–	–	Умеренный

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	<i>Polyommatus damone</i> (Eversmann, 1841)	–	–	1	1	–	–	Низкий
Riodinidae								
Riodiniinae								
11	<i>Hamearis lucina</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	–	–	–	–	Низкий
Nymphalidae								
Nymphalinae								
12	<i>Nymphalis polychloros</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	3	–	–	1	Высокий
Melitaeinae								
13	<i>Euphydryas aurinia sareptana</i> (Staudinger, 1871)	–	–	3	2	–	–	Умеренный
14	<i>Euphydryas maturna</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	1	–	–	–	Низкий
Heliconiinae								
15	<i>Brenthis daphne</i> (Bergstrasser, 1780)	–	1	6	2	–	–	Высокий
16	<i>Brenthis hecate</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	–	1	1	–	–	–	Умеренный
17	<i>Boloria euphrosyne</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	3	–	–	–	Умеренный
Satyridae								
Elymniinae								
18	<i>Kirinia clinene</i> (Esper, [1783])	–	–	6	1	–	–	Высокий
Satyrinae								
19	<i>Minois dryas</i> (Scopoli, 1763)	–	1	2	1	–	–	Умеренный
20	<i>Brintesia circe</i> (Fabricius, 1775)	–	1	7	1	–	–	Высокий
Noctuoidea								
Erebidae								
Herminiinae								
1	<i>Simplicia rectalis</i> (Eversmann, 1842)	–	–	1	–	–	–	Низкий
Catocalinae								
2	<i>Arytrura musculus</i> (Menetries, 1859)	–	1	3	2	–	1	Умеренный
Noctuidae								
Cuculliinae								
3	<i>Cucullia chamomillae</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1	–	3	–	–	–	Умеренный
Condicinae								
4	<i>Eucarta virgo</i> (Treitschke, 1835)	–	–	1	–	1	–	Низкий
Bryophilinae								
5	<i>Victrix umovii</i> (Eversmann, 1846)	–	–	1	–	–	–	Низкий
Xyleninae								
6	<i>Proxenus hospes</i> (Freyer, 1831)	–	–	1	2	–	–	Умеренный
7	<i>Resapamea hedeni</i> (Graeser, 1888)	1	–	3	2	–	–	Высокий
8	<i>Episema glaucina</i> (Esper, 1789)	1	–	2	–	–	–	Умеренный
9	<i>Luperina testacea</i> (Denis & Schiffermüller, 1775)	1	–	1	–	1	–	Умеренный
Hadeninae								
10	<i>Hadena irregularis</i> (Hufnagel, 1766)	1	1	2	–	–	–	Высокий
11	<i>Cardepa irrisoria</i> (Erschov, 1874)	1	–	3	–	–	–	Высокий
12	<i>Lacanobia praedita</i> (Hubner, 1813)	–	–	2	–	–	–	Умеренный
<b>Итого: 176 видов-маркёров</b>								

Высокий уровень территориальной защищённости установлен для 41 «вида-маркёра» (23,3 %), умеренный – для 73 видов (41,5 %), низкий – для 62 видов (35,2 %). Кроме того, ход и результаты исследования подтвердили значительную степень зависимости между ценностными параметрами фитоценозов особо

охраняемых природных территорий и обитающих на них сообществ чешуекрылых, на что также указывает Д. А. Адаховский [37].

На основе полученных в ходе исследования данных, нами предлагается ряд мероприятий, направленных на усовершенствование территориальных форм охраны чешуекрылых. Их реализация возможна как на территории Ростовской области, так и в других субъектах юга России:

1). Для получения более достоверных сведений о биологии и экологии редких и локальных видов бабочек необходимо развернуть программу долгосрочного расширенного мониторинга *Lepidoptera* как на территориях ООПТ, так и по всему исследуемому региону;

2). На ООПТ целесообразно выделить ключевые участки по охране видов, отнесённых к категории CR и характеризующихся умеренным или низким уровнем территориальной защищённости. Выделение подобных участков должно быть научно обосновано и опираться на результаты расширенного мониторинга с привлечением достаточного числа компетентных специалистов;

3). Целесообразно актуализировать масштабную исследовательскую деятельность в региональных сетях ООПТ, обращая внимание на сформировавшиеся комплексы «ООПТ – энтомологический рефугиум», представляющие собой участки концентрации видового разнообразия чешуекрылых.

Добавим также, что краткосрочные природоохранные программы нередко реализуются малокомпетентными лицами или людьми из других сфер. Итогом этого является формализация и демагогизация всей природоохранной деятельности, включая реализацию актуальных и необходимых научно-исследовательских проектов.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. По результатам проведенных исследований дана предварительная характеристика репрезентативности региональной системы особо охраняемых природных территорий Ростовской области в аспекте сохранения разнообразия *Lepidoptera*. В качестве индикаторных таксонов рассматривались редкие и локальные «виды-маркёры»: 71 вид *Papilionoidea* и 6 семейств и 105 видов *Noctuoidea* из 3 семейств. Указанные в качестве модельных надсемейства чешуекрылых являются одними из наиболее изученных таксономических групп насекомых в Ростовской области.
2. Проанализированы 19 наиболее богатых по известному видовому составу чешуекрылых ООПТ. В процентном соотношении число представленных в работе ООПТ составило приблизительно 30 % от общего числа охраняемых территорий области. Часть ООПТ полностью либо частично совпадают с «энтомологическими рефугиумами».
3. В качестве показателя репрезентативности ООПТ рассматривалась представленность на их территории «видов-маркёров», каждому из которых была присвоена одна из трёх категорий МСОП: CR, EN или VU.



4. Ключевыми характеристиками ООПТ служили: индекс редких видов; основная созологическая функция охраняемой территории; уровень созологической значимости территории, выводимый, в первую очередь, на основе полученного ИВР; уровень территориальной защищенности видов; а также тип резервируемых сообществ чешуекрылых.
5. Для большинства ООПТ установлен очень высокий, высокий и повышенный УСЗ, что позволяет нам сделать вывод о достаточно высокой природоохранной значимости охраняемых территорий в отношении сохранения специфичных комплексов булавоусых и совкообразных чешуекрылых. В этом аспекте также велико значение ОСФ охраняемых природных территорий, обеспечивающих нормальное функционирование уникальных природных систем и сохранение как тесно связанных с ними локальных лепидоптерофаун, так и более широкого спектра таксонов чешуекрылых.
6. Наиболее значимыми функциями ООПТ признаны: средообразующая, эталонная, резерват биогеографический, рефугиум энтомологический.
7. Уровень специфичности резервируемых на ООПТ комплексов Papilionoidea и Noctuoidea, установленный в соответствии с типом представленных сообществ чешуекрылых, указывает на уникальность и самобытность как видового состава, так и экологических связей региональных лепидоптерофаун в биогеоценозах.
8. Установленный уровень территориальной защищенности видов оказался ниже ожидаемого для 35 % исследованных ООПТ, что, вероятно, связано с недостаточной реализацией ограничительных мероприятий, ослабленным охранным режимом, непосредственной близостью к многочисленным сельскохозяйственным угодьям, населённым пунктам различных типов и промышленным зонам.
9. Предложено несколько рекомендаций, направленных на усовершенствование подхода к охране чешуекрылых и других групп насекомых в том числе, что может определить направление дальнейших созологических исследований на территориях ООПТ. В представленном методе целесообразно использовать и другие крупные таксономические группы Lepidoptera.
10. Обобщение данных по составу булавоусых и совкообразных чешуекрылых из перечня проанализированных ООПТ даёт основание считать ценность и заповедно-эталонную значимость сохраняемых на их территории природных элементов, комплексов и сообществ достаточно высокой. Всё это позволяет нам рассматривать областные ООПТ как элементы экологического каркаса южного региона, а также как важнейшие объекты текущего и будущего природоохранного мониторинга. Подход, продемонстрированный в данной статье, а также результаты проведённой на его основе научной работы, могут послужить основой для последующих зоологических, ботанических и экологических исследований региональной сети особо охраняемых природных территорий, что внесёт ощутимый вклад в дело охраны биологического разнообразия и уникальных природных комплексов юга России.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю благодарность старшему научному сотруднику Ботанического сада ЮФУ (г. Ростов-на-Дону, Россия) А. Н. Полтавскому за любезно предоставленные материалы, а также за ценные рекомендации и консультацию при подготовке рукописи. Кроме того, автор признателен специалисту лаборатории гидробиологии центра аквакультуры Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ», г. Ростов-на-Дону, Россия) Н. С. Елфимовой за ценные советы и помощь при работе над статьёй.

## Список литературы

1. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. // Official Journal of European Communities. – 1992. – №. L 206. – P. 7–50.
2. Коптюг В. А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 года) / В. А. Коптюг – Новосибирск: СО РАН, 1992. – 79 с.
3. Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol. – Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2003. – 154 p.
4. Сближение с природоохранной политикой Европейского Союза (ЕС). Краткий путеводитель для стран-партнеров по Европейской политике добрососедства, и России. – ECOLOGIC: Институт Международной и европейской Экологической Политики, 2008. – 30 с.
5. Большаков Л. В. Научно-практические аспекты формирования экологического каркаса (на примере Тульской области) / Л. В. Большаков // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2002. – Т. 5, № 25. – С. 16–22.
6. Присный А. В. Экстразональные группировки в фауне наземных насекомых юга среднерусской возвышенности / А. В. Присный. – Белгород, 2003. – 296 с.
7. Полтавский А. Н. Энтомологические рефугиумы и их значение при ведении Красной книги Ростовской области / А. Н. Полтавский, К. С. Артохин. – Ростов-на-Дону: «ИП Кубеш», 2012а. – 184 с.
8. Sullivan M. J. P. A national-scale model of linear features improves predictions of farmland biodiversity / M. J. P. Sullivan, J. W. Pearce-Higgins, S. E. Newson, P. Scholefield, T. Brereton, T. H. Oliver // Journal of Applied Ecology. – 2017. – Vol. 54, № 6. – P. 1776–1784.
9. Скрипник И. А. Региональные ООПТ и сохранение биоразнообразия на территории Краснодарского края / И. А. Скрипник, Д. Н. Никифоров, И. И. Скрипник // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2014. – № 11. – С. 50–56.
10. Полтавский А. Н. Новые подходы к изучению и охране энтомокомплексов в степных регионах юга европейской части России. Биоразнообразии заповедника «Ростовский» и его охрана: труды Государственного природного заповедника «Ростовский». Выпуск 3 / А. Н. Полтавский. – Ростов-на-Дону. – 2004. – С. 237–250.
11. Полтавский А. Н. Проблема оценки статуса уязвимых видов некоторых чешуекрылых в Красных книгах / А. Н. Полтавский, К. С. Артохин // Известия Высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. – 2012б. – № 1. – С. 81–85.
12. Романчук Р. В. Сохранение видового разнообразия насекомых в ООПТ Ростовской области с учетом различных природоохранных концепций и особенностей управления охраняемыми территориями / Р. В. Романчук // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы международной научно-практической конференции (г. Грозный, 14 мая 2019 г.). – Махачкала: АЛЕФ. – 2019. – С. 202–207.
13. Яновский В. М. Принципы выделения особо охраняемых природных территорий для защиты насекомых на юге Красноярского края. Труды государственного заповедника «Столбы». Выпуск 17 / В. М. Яновский. – Красноярск. – 2001. – С. 252–260.
14. Соболев Н. А. Критерии и методы формирования экологической сети. Выпуск 2 / Н. А. Соболев. – Москва, 2003. – 50 с.

15. Калюжная И. Ю. Экологический каркас как основа территориального планирования природного парка Эльтонский / И. Ю. Калюжная, Н. С. Калюжная, Э. Н. Сохина // Географические основы формирования экологических сетей в России и Восточной Европе. Часть 1: материалы электронной конференции (1–28 февраля 2011 г.). – Москва: Товарищество научных изданий КМК. – 2011. – С. 105–112.
16. Свиридов А. В. Принципы охраны насекомых (на примере чешуекрылых – Lepidoptera): история и перспективы / А. В. Свиридов // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. – 2011. – Т. 116, № 6. – С. 3–19.
17. Сперанская К. С. Охрана редких насекомых в заповедниках Европейской территории России / К. С. Сперанская, А. С. Зайцев // Географические основы формирования экологических сетей в России и Восточной Европе: материалы электронной конференции (1–28 февраля 2011 г.). Часть 1. – Москва: Товарищество научных изданий КМК. – 2011. – С. 259–263.
18. Полтавский А. Н. Изучение фауны высших чешуекрылых (Macrolepidoptera) Ростовской области на примере двух фаунистических рефугиумов. Методические пособия по энтомологии / А. Н. Полтавский, Ю. Б. Лиман. – Ростов-на-Дону. – 2002. – С. 11–117.
19. Полтавский А. Н. Энтомологические рефугиумы в ландшафтных системах земледелия / А. Н. Полтавский, К. С. Артохин, А. Н. Шмараева. – Ростов-на-Дону, 2005. – 212 с.
20. Convention on the conservation of European wildlife. The Emerald Network. – Strasbourg, – 2009. – № 8. – 57 p.
21. Никитский Н. Б. К вопросу об отборе насекомых для Красных книг и связанных с этим некоторых лесохозяйственных мероприятий / Н. Б. Никитский, А. Л. Дьяченко // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2014. – Т. 18, № 6. – С. 101–104.
22. Фишкин М. В. Природно-заповедный фонд Тихого Дона / М. В. Фишкин, А. М. Узденов. – Ростов-на-Дону: Издательство «D&V», 2018. – 304 с.
23. Романчук Р. В. Основные типы антропогенного воздействия на фауну чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) в Ростовской области / Р. В. Романчук // Экология и природопользование: Тематический сборник. Выпуск 17. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета. – 2020. – С. 105–109.
24. Gillingham P. K. The effectiveness of Protected Areas in the conservation of species with changing geographical ranges / P. K. Gillingham, R. B. Bradbury, D. B. Roy, B. J. Anderson, J. M. Baxter, N. A. D. Bourn, H. Q. P. Crick, R. A. Findon, R. Fox, A. Franco, J. K. Hill, J. A. Hodgson, A. R. Holt, M. D. Morecroft, N. J. O'Hanlon, T. H. Oliver, J. W. Pearce-Higgins, D. A. Procter, J. A. Thomas, K. J. Walker, C. A. Walmsley, R. J. Wilson, C. D. Thomas // Biological Journal of the Linnean Society. – 2015. – Vol. 115, № 3. – P. 707–717. doi: 10.1111/bij.12506
25. Yamamoto M. Notes on the methods of belt transect census of butterflies / M. Yamamoto // Journal of Faculty of Science Hokkaido University. Series 6. Zoology. – 1975. – Vol. 20, № 1. – P. 93–116.
26. Pollard E. A method for assessing changes in the abundance of butterflies / E. Pollard // Biological Conservation. – 1977. – Vol. 12, № 2. – P. 115–134. doi: 10.1016/0006-3207(77)90065-9
27. Дубатолов В. В. Особенности фауны булавоусых чешуекрылых приобских боров и её охрана / В. В. Дубатолов, М. Г. Сергеев // Фауна и экология членистоногих Сибири. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1981. – С. 38–40.
28. Аникин В. В. Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. Издание 2-е / В. В. Аникин, С. В. Барышникова, Е. А. Беляев, Ю. И. Будашкин, Э. Й. Ван Ньюкеркен, О. Г. Горбунов, В. В. Дубатолов, К. А. Ефетов, В. В. Золотухин, С. А. Князев, В. Н. Ковтунович, М. В. Козлов, В. С. Кононенко, Ю. А. Ловцова, В. А. Лухтанов, А. Л. Львовский, А. Ю. Матов, В. Г. Миронов, С. В. Недошивина, М. Г. Пономаренко, А. В. Свиридов, С. Ю. Синёв, А. В. Соловьев, А. Н. Стрельцов, Т. А. Трофимова, П. Я. Устюжанин, Д. Ф. Шовкун, Р. В. Яковлев. – Санкт-Петербург: Зоологический институт РАН, 2019. – 448 с.
29. Полтавский А. Н. Совкообразные чешуекрылые (Lepidoptera: Noctuoidea) Ростовской области / А. Н. Полтавский. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2016. – 127 с.
30. Арзанов Ю. Г. Красная книга Ростовской области. Издание 2-е. Том 1. Животные / Ю. Г. Арзанов, Г. Б. Бахтадзе, В. П. Белик, Н. И. Булышева, М. А. Динкевич, А. В. Забашта, Д. Г. Касаткин, А. А. Кондаков, В. А. Лужняк, А. В. Малиновкин, М. В. Набоженко, Р. М. Савицкий,

- В. В. Стахеев, Б. В. Страдомский, Е. Н. Терсков, Э. А. Хачиков, И. Б. Попов, З. Г. Пришутова, И. В. Шохин. – Ростов-на-Дону: Министерство природы Ростовской области, 2014. – 280 с.
31. Полтавский А. Н. О насекомых в Красной книге Ростовской области / А. Н. Полтавский // Вестник южного научного центра РАН. – 2005. – Т. 1, № 3. – С. 109–111.
  32. Полтавский А. Н. Оценка индикационных способностей чешуекрылых-маркёров энтомологических рефугиумов Ростовской области / А. Н. Полтавский // Эверсманния. – 2006. – № 5. – С. 38–42.
  33. Полтавский А. Н. Принципы формирования списков насекомых для Красной книги Ростовской области / А. Н. Полтавский // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2011а. – Т. 7, № 2. – С. 51–57.
  34. Полтавский А. Н. Формирование списков видов-маркёров энтомологических рефугиумов на примере семейства пядениц (Lepidoptera: Geometridae) Ростовской области / А. Н. Полтавский // Биологические музеи: роль и их место в научно-образовательном пространстве: материалы докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Махачкала. – 2011б. – С. 116–121.
  35. Полтавский А. Н. Формирование списков насекомых-маркёров энтомологических рефугиумов на примере огнёвок (Lepidoptera: Pyralidae, Crambidae) Ростовской области. Проблемы Красных книг и преподавание охраны природы / А. Н. Полтавский. – Ростов-на-Дону. – 2011в. – С. 50–55.
  36. Адаховский Д. А. Репрезентативность региональной системы особо охраняемых природных территорий Удмуртии с точки зрения сохранения разнообразия дневных чешуекрылых (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) / Д. А. Адаховский // Наука Удмуртии. – 2017. – Т. 4, № 82. – С. 3–14
  37. Адаховский Д. А. Репрезентативность региональной системы особо охраняемых природных территорий Удмуртии с точки зрения сохранения разнообразия дневных чешуекрылых (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea). Памятники природы / Д. А. Адаховский // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – 2018. – Т. 28, № 4. – С. 36–375.
  38. Яшина Т. В. Индикаторы оценки биоразнообразия на ООПТ Алтае-Саянского региона. Руководство по использованию / Т. В. Яшина. – Красноярск, 2011. – 56 с.
  39. Полтавский А. Н. К фауне разноусых чешуекрылых (Lepidoptera) северных районов Ростовской области / А. Н. Полтавский, Р. В. Романчук // Эверсманния. – 2016. – № 45–46. – С. 29–33.
  40. Моргун Д. В. Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera, Hesperioidea et Papilionoidea) – индикаторы энтомологических рефугиумов республики Дагестан / Д. В. Моргун // Современные проблемы биологии и экологии: материалы докладов международной научно-практической конференции. – Махачкала. – 2011. – С. 59–62.

**EXPERIENCE IN ASSESSING THE REPRESENTATIVENESS OF THE REGIONAL SPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES SYSTEM OF ROSTOV REGION IN TERMS OF PAPILIONOIDEA AND NOCTUOIDEA LEPIDOPTERA DIVERSITY CONSERVATION**

***Romanchuk R. V.<sup>1,2</sup>***

*<sup>1</sup>Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

*<sup>2</sup>Testing Laboratory of Rostov Branch of FGBU “VNIKR”, Rostov-on-Don, Russia*

*E-mail: roma.romanчук.95@bk.ru*

Since the end of the 20<sup>th</sup> century, there has been an active increasing of environmental activities in Europe and around the world aimed at preserving biological diversity and maintaining balance in natural ecosystems. Various environmental concepts and approaches are being developed and improved in many regions. However, the most

effective mechanism for maintaining the ecological balance of territories and preserving natural biological diversity is still Specially Protected Natural Areas. The main problem in this approach is the allocation and organization of competent management of Protected Areas. And in this aspect, the greatest number of contradictions arise in questions of the suitability of Specially Protected Natural Areas for the protection of rare and vulnerable insect species, as well as entire entomological complexes in the composition of biogeocenoses.

However, the problem is that the main environmental functions of even the most prosperous Protected Areas are affected by a number of serious destructive factors. Also, European researchers have questioned the value of Protected Areas for long-term biodiversity conservation, as species change their distribution in response to climate change. All this provides an additional incentive to intensify the comprehensive study of approaches to territorial protection of species.

The aim of this study is to assess the representativeness of the Protected Areas system in the Rostov region in terms of preserving the diversity of Lepidoptera from the Papilionoidea and Noctuoidea superfamilies. The objectives of the study included the analysis of Protected Areas by several key characteristics: the representation of "marker species", the index of rare species, the main environmental functions, the level of environmental significance of territories, the level of territorial species protection, and the type of Lepidoptera conserved communities.

The source of information and materials for this work were the author's initiative research on the study of the Lepidoptera fauna of the regional network of Protected Areas covering the period from 2015 to 2020, as well as extensive data on monitoring and collecting Lepidoptera conducted by senior researcher of the Botanical garden of the Southern Federal University A. N. Poltavsky in the Rostov region from 1972 to 2016.

Nineteen of the richest in the known species composition of Papilionoidea and Noctuoidea in Protected Areas was analyzed, some of them overlap with the regional "entomological refugiums". The existence of 176 "marker species" in their territories was considered as an indicator of representativeness. Each of them was assigned one of the three vulnerability categories (CR, EN or VU). The key characteristics of Specially Protected Natural Areas were: index of rare species, the main conservation function of the protected area, the level of environmental significance of the territory, the level of territorial species protection, the type of reserved Lepidoptera communities.

The results of the study allow us to conclude that the Protected Areas have a fairly high environmental significance in relation to the conservation of specific of Papilionoidea and Noctuoidea complexes. The level of specificity of Papilionoidea and Noctuoidea complexes reserved on Protected Areas indicates the uniqueness and originality of both the species composition and the ecological relationships of regional Lepidoptera faunas in the biogeocenoses. A number of recommendations aimed at improving the territorial forms of protection of Lepidoptera and other insects are proposed. Their implementation is possible both in the Rostov region and in other regions of southern Russia.

The approach demonstrated in this article, as well as the results of scientific work based on it, can serve as a basis for subsequent Zoological, Botanical and environmental

studies of the regional network of Specially Protected Natural Areas, which will make a significant contribution to the protection of biological diversity and unique natural complexes in the South of Russia.

**Keywords:** nature protection, insect protection, rare species, marker species, index of rare species, entomological refugiums, habitat, South of Russia.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The author is grateful to the senior researcher of the Botanical garden of the Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia) Alexander N. Poltavsky for the materials provided, as well as for valuable recommendations and advice during the preparation of the manuscript. The author is also grateful to the specialist of the Hydrobiology laboratory of the Azov-Black Sea branch of VNIRO ("AzNIIRKH") (Rostov-on-Don, Russia) Nadezhda S. Elfimova for valuable advice and assistance in working on the paper.

#### References

1. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, *Official Journal of European Communities*. **206**, 7 (1992).
2. Koptyug V. A. *UN Conference on environment and development (Rio de Janeiro, June 1992)*, 79 p (Novosibirsk: SB RAS, 1992).
3. *Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol*, 154 p (Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2003).
4. *Convergence with the environmental policy of the European Union (EU). Short guide for partner countries on European neighborhood policy and Russia*, 30 p (ECOLOGIC: Institute of International and European Environmental Policy, 2008).
5. Bolshakov L. V. Scientific and practical aspects of the formation of an ecological framework (on the example of the Tula region), *Bulletin of the Moscow State University of Forestry. Forestry Bulletin*. **5** (25), 16 (2002).
6. Prisman A. V. *Extrazonal groupings in the fauna of land insects of the South of the Central Russian upland*, 296 p (Belgorod, 2003).
7. Poltavsky A. N., Artokhin K. S. *Entomological refugiums and their significance in the management of the Red List of the Rostov Region*, 184 p (Rostov-on-Don: Kubesh, 2012a).
8. Sullivan M. J. P., Pearce-Higgins J. W., Newson S. E., Scholefield P., Brereton T., Oliver T. H. A national-scale model of linear features improves predictions of farmland biodiversity, *Journal of Applied Ecology*. **54** (6), 1776 (2017).
9. Skripnik I. A., Nikiforov D. N., Skripnik I. I. Regional protected areas and biodiversity conservation in the Krasnodar territory, *Ecosystems, their optimization and protection*. **11**, 50 (2014).
10. Poltavsky A. N. New approaches to the study and protection of entomocomplexes in the steppe regions of the South of the European part of Russia, *Biodiversity of the "Rostovsky" Nature Reserve and its protection: proceedings of the "Rostovsky" State Nature Reserve. Issue 3*. (Rostov-on-Don, 2004), 237.
11. Poltavsky A. N., Artokhin K. S. The problem of assessing the status of vulnerable species of some Lepidoptera in the Red books, *Bulletin of Higher Education Institutes. North Caucasus Region*, **1**, 81 (2012b)
12. Romanchuk R. V. Conservation of insect species diversity in Specially Protected Natural Areas of the Rostov region taking into account various environmental concepts and management features of Protected Areas, *Current problems of biology and ecology: materials of the international scientific and practical conference (Grozny, May 14, 2019)*. (Makhachkala: ALEF, 2019), 202.
13. Yanovsky V. M. Principles of allocation of Specially Protected Natural Areas for insect protection in the South of Krasnoyarsky Krai, *Proceedings of the "Stolby" State Reserve. Issue 17*. (Krasnoyarsk, 2001), 252.

14. Sobolev N. A. *Criteria and methods for forming an ecological network*. 2, 50 p (Moscow, 2003)
15. Kalyuzhnaya I. Yu., Kalyuzhnaya N. S., Sokhina E. N. Ecological framework as the basis for territorial planning of the "Eltonsky" Nature Park, *Geographical bases of formation of ecological networks in Russia and Eastern Europe. Part 1: materials of the electronic conference (February 1–28, 2011)*. (Moscow: KMK Scientific Press, 2011), 105.
16. Sviridov A. V. Principles of insect protection (on the example of Lepidoptera): history and prospects, *Bulletin of The Moscow Society of Nature Testers. Department of Biology*, **116 (6)**, 3 (2011).
17. Speranskaya K. S., Zaitsev A. S. Protection of rare insects in the Reserves of the European territory of Russia, *Geographical bases of formation of ecological networks in Russia and Eastern Europe. Part 1: materials of the electronic conference (February 1–28, 2011)*. (Moscow: KMK Scientific Press, 2011), 259.
18. Poltavsky A. N., Liman Yu. B. *Studying the fauna of higher Lepidoptera (Macrolepidoptera) Rostov region on the example of two faunal refugiums. Methodological manuals on entomology*, Rostov-on-Don, 11 (2002).
19. Poltavsky A. N., Artokhin K. S., Shmaraeva A. N. *Entomological refugiums in the landscape systems of agriculture*, 212 p. (Rostov-on-Don, 2005).
20. *Convention on the conservation of European wildlife. The Emerald Network*, 57 p (Strasbourg, 2009).
21. Nikitsky N. B., Dyachenko A. L. On the issue of selecting insects for Red Books and related certain forestry activities, *Bulletin of the Moscow State University of Forestry. Forestry Bulletin*, **18 (6)**, 101 (2014).
22. Fishkin M. V., Uzdenov A. M. *Nature reserve fund of the Pacific Don*, 304 p (Rostov-on-Don: D&V publishing house, 2018).
23. Romanchuk R. V. Main types of anthropogenic impact on the lepidopteran fauna (Insecta: Lepidoptera) in the Rostov region, *Ecology and nature management: a thematic collection, Issue 17*. (Rostov-on-Don; Taganrog: Southern Federal University press, 2020), 105.
24. Gillingham P. K., Bradbury R. B., Roy D. B., Anderson B. J., Baxter J. M., Bourn N. A. D., Crick H. Q. P., Findon R. A., Fox R., Franco A., Hill J. K., Hodgson J. A., Holt A. R., Morecroft M. D., O'Hanlon N. J., Oliver T. H., Pearce-Higgins J. W., Procter D. A., Thomas J. A., Walker K. J., Walmsley C. A., Wilson R. J., Thomas C. D. The effectiveness of Protected Areas in the conservation of species with changing geographical ranges, *Biological Journal of the Linnean Society*, **115 (3)**, 707 (2015). doi: 10.1111/bij.12506
25. Yamamoto M. Notes on the methods of belt transect census of butterflies, *Journal of Faculty of Science Hokkaido University. Series 6. Zoology*, **20 (1)**, 9 (1975).
26. Pollard E. A method for assessing changes in the abundance of butterflies, *Biological Conservation*, **12(2)**, 115, (1977). doi: 10.1016/0006-3207(77)90065-9
27. Dubatolov V. V., Sergeev M. G. Peculiarities of the fauna of Rhopalocera near the Ob river and its protection. *Fauna and ecology of arthropods of Siberia*, 38 p (Novosibirsk: Nauka. Siberian branch, 1981).
28. Anikin V. V., Baryshnikova S. V., Beljaev E. A., Budashkin Yu. I., Van Nieuckerken E. J., Gorbunov O. G., Dubatolov V. V., Efetov K. A., Zolotuhin V. V., Knyazev S. A., Kovtunovich V. N., Kozlov M. V., Kononenko V. S., Lovtsova Ju. A., Lukhtanov V. A., Lvovsky A. L., Matov A. Yu., Mironov V. G., Nedoshivina S. V., Ponomarenko M. G., Sviridov A. V., Sinev S. Yu., Solovjev A. V., Streltsov A. N., Trofimova T. A., Ustjuzhanin P. Ya., Shovkoon D. F., Yakovlev R. V. *Catalogue of the Lepidoptera of Russia. Edition 2*, 448 c (St. Petersburg: Zoological Institute of RAS, 2019).
29. Poltavsky A. N. *Noctuid moths (Lepidoptera: Noctuoidea) of Rostov Region*, 127 p (Rostov-on-Don: Southern Federal University Publishing House, 2016)
30. Arzanov Yu. G., Bakhtadze G. B., Belik V. P., Bulysheva N. I., Dinkevich M. A., Zabashta A. V., Kasatkin D. G., Kondakov A. A., Luzhnyak V. A., Malinovkin A. V., Nabozhenko M. V., Savitsky R. M., Stakheev V. V., Stradomsky B. V., Terskov E. N., Khachikov E. A., Popov I. B., Prishutova Z. G., Shokhin I. V. 2014. *Red Book of the Rostov region. Edition 2. Volume 1. Animals*, 280 p (Rostov-on-Don: Ministry of Nature of the Rostov region, 2014).
31. Poltavsky A. N. About insects in the red book of the Rostov region, *Bulletin of the Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, **1 (3)**, 109 (2005).

32. Poltavsky A. N. Evaluation of the indicative abilities of Lepidoptera-markers of entomological refugiums of the Rostov region, *Eversmannia*, **5**, 38 (2006).
33. Poltavsky A. N. Principles of insect's lists forming for the Rostov region Red Book, *Ecological Bulletin of The North Caucasus*, **7 (2)**, 51 (2011a).
34. Poltavsky A. N. Formation of lists of entomological refugiums marker species on the example of the Geometridae moth family (Lepidoptera: Geometridae) of Rostov region, *Biological museums: their role and place in the scientific and educational space: materials of the all-Russian scientific and practical conference*. (Makhachkala, 2011b), 116.
35. Poltavsky A. N. Formation of lists of entomological refugiums marker species on the example of pyraloid moth (Lepidoptera: Pyralidae, Crambidae) of Rostov region, *Problems of Red Books and teaching of nature protection*, Rostov-on-Don, 50 (2011c).
36. Adakhovskiy D. A. Representativeness of the regional system of Specially Protected Natural Territories of the Udmurt Republic from the point of view of conserving the diversity of diurnal butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea), *Science of Udmurtia*, **4 (82)**, 3 (2017).
37. Adakhovskiy D. A. Representativeness of the regional system of Specially Protected Natural Territories of the Udmurt Republic from the point of view of conserving the diversity of diurnal butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea). Monuments of Nature, *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, **28 (4)**, 36 (2018).
38. Yashina T. V. *Indicators for assessing biodiversity in protected areas of the Altai-Sayan region. Operating instructions*, 56 p (Krasnoyarsk, 2011).
39. Poltavskiy A. N., Romanchuk R. V. To the moths fauna (Lepidoptera) of the northern districts of Rostov-on-Don region, *Eversmannia*, **45–46**, 29 (2016a).
40. Morgun D. V. Rhopalocera (Lepidoptera, Hesperioidea et Papilionoidea) – indicators of entomological refugiums of the Republic of Dagestan, *materials of the international scientific and practical conference «Modern problems of biology and ecology»*. (Makhachkala, 2011), 59.



**УДК 598.2: 502.72 (477.91)**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-225-245**

## **ДОПОЛНЕНИЯ К ОРНИТОФАУНЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ОПУКСКИЙ» И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Сикорский И. А.*

*Федеральное Государственное бюджетное учреждение «Объединенная дирекция особо охраняемых природных территорий «Заповедный Крым» Ялта, пгт. Советское, Республика Крым, Россия  
E-mail: zapovedcrimea@mail.ru*

Государственный природный заповедник «Опукский» играет важную роль в сохранении гнездовых популяций редких и охраняемых видов птиц и являются местом наиболее многочисленных на юге Керченского полуострова зимних скоплений гидрофильных птиц, транзитным районом отдыха и кормёжки для перелётных птиц, а также гнездовым биотопом некоторых видов. В дополнениях к списку орнитофауны заповедника и сопредельных территорий представлены сведения о видовом составе и состоянии фауны птиц, их современном статусе и сезонных сроках пребывания за период с 1989 по 2020 год. На территории заповедника за период с 2011 по 2020 год зарегистрировано 241 вид птиц, относящихся к 132 родам, 53 семействам и 20 отрядам, из которых лишь 97 (39 %) гнездятся относительно регулярно. Среди них – 39 новых видов для заповедника, а для 22 видов – подтверждено присутствие на сопредельных территориях. Общий список орнитофауны заповедника и сопредельных территорий составляет 263 вида птиц, что составляет 78 % от всей авифауны Крыма. Среди зарегистрированных в заповеднике видов – 58 редких (37 видов – в Красной книге РФ и 51 вид – в Красной книге Крыма).

**Ключевые слова:** орнитофауна, природный заповедник «Опукский», учеты птиц, аннотированный список птиц, редкие птицы, статус вида.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Сведения о фауне птиц заповедника и сопредельных территорий, в том числе об их численности, районах постоянного или временного обитания, биотопическом распределении, сезонном пребывании, поведении представляют интерес в плане определения и уточнения современного природоохранного статуса этих видов в конкретном регионе.

Для этого необходимо проводить фаунистических исследования, мониторинг видов в целом и составление (уточнение) списков видов птиц, в частности видов заповедников и сопредельных территорий.

Государственный природный заповедник «Опукский» (далее – заповедник) – особо охраняемая природная территория, обеспечивающая охрану уникальных природных комплексов юга Керченского полуострова на узкой прибрежной полосе от западной оконечности озера Кояшское до Чебакской балки (окрестности

с. Яковенково). Местоположение заповедника определяет его значимость для сохранения видов птиц, гнездящихся, мигрирующих вдоль Черноморского побережья и зимующих на заповедной акватории. Заповедник играет важную роль в сохранении гнездовых популяций редких и охраняемых видов птиц и являются местом наиболее многочисленных на юге Керченского полуострова зимних скоплений гидрофильных птиц, транзитным районом отдыха и кормёжки для перелётных птиц, а также гнездовым биотопом некоторых видов.

Такие исследования актуальны в Крыму. В этом регионе работали исследователи: Франк [1], Аверин [2], Костин [3–6], Кинда [7], Цвелых [8], Артемьева [9], Бескаравайный [10], Попенко [11], Андриющенко [12] и др. Список последнего аннотированного списка птиц [13] заповедника не обновлялся уже около десяти лет.

Цель работы – уточнение списка орнитофауны заповедника, биотопов на территории заповедника и сопредельных территориях, статуса и сроков пребывания птиц в заповеднике и на сопредельных территориях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы положены сведения, собранные с 2011 по 2020 год, преимущественно в рамках программы «Летопись природы» по фауне, распределению, статусу и сезонному пребыванию птиц. Данные, собранные во время экспедиционных выездов, относятся к большей части заповедника, прилегающей акватории Черного моря и сопредельных территорий [14, 15].

В настоящей статье приводятся сведения о видовом составе птиц, биотопах на территории заповедника и сопредельных территориях, статусе и сроках пребывания птиц заповедника и сопредельных территорий от восточного побережья Узунларского озера (на западе) до села Яковенково (на востоке) за период с 2011 по 2020 год.

Количественные учеты птиц проводились по установленным маршрутам, включая все биотопы на территории заповедника, но в статье в основном использованы точечные наблюдения птиц. В исследованиях большое внимание уделялось наблюдению хода весенней и осенней миграций, проводились исследования населения птиц открытых местообитаний и экологическим особенностям редких видов птиц. В состав гнездовой орнитофауны включены не только виды, гнездование которых доказано (находки гнезд, встречи слетков и птиц с кормом), но и отмеченные в гнездовое время в гнездовых биотопах.

Русские и латинские названия птиц даны по Степаняну [16], Коблику [17].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

С 2011 года по 2020 год в результате инвентаризации и учетов птиц на маршрутах и постах мониторинга заповедника и сопредельных территорий автором было зарегистрировано 241 вид птиц, которые принадлежат к 132 родам, 53 семействам и 20 отрядам, из которых лишь 97 (39 %) гнездятся относительно регулярно [14]. Среди зарегистрированных видов – 58 редких (37 видов – в Красной книге РФ [18, 19] и 51 вид – в Красной книге Крыма [20].

За период исследований на территории заповедника автором не было зарегистрировано 5 видов птиц из 195 видов птиц, представленных в последнем аннотированном списке орнитофауны заповедника [13]. К последним относятся: обыкновенный гоголь (*Bucephala clangula*), синьга (*Melanitta nigra*), крохаль большой (*Mergus merganser*), малый погоныш (*Porzana parva*), обыкновенная чечевица (*Carpodacus erythrinus*).

Номера в последнем опубликованном списке фауны птиц заповедника [13] отражают достоверность присутствия вида на описываемой территории. Базовые показатели – 195 видов птиц в заповеднике; 205 – с учетом сопредельных территорий [13] всего на территории заповедника и прилегающих территориях зарегистрировано 241 и 263 видов птиц соответственно, что на 46 и 58 видов больше вышеуказанных базовых показателей.

В данной статье автором представлены дополнения, которые представляют собой сведения о регистрации новых видов фауны птиц заповедника и сопредельных территорий и их статусе, приведенных в списке. Он содержит сведения о 68 видах птиц, 39 из которых зарегистрированы на территории заповедника впервые, 17 видов птиц было обнаружено на сопредельных территориях, для 7 видов – подтверждено присутствие и на территории заповедника [13].

Ниже, в списке используются следующие надстрочные символы:

<sup>к</sup> – вид указан без номера (т.е. не подтвержден) в аннотированном списке птиц заповедника [13];

\* – редкий вид, занесенный в Красную книгу РК и/или в Красную книгу РФ;

© – имеется дополнительное подтверждение в виде фотографии или серии фотографий вида;

Жирным шрифтом отмечены виды, зарегистрированные на территории заповедника.

### Отряд Поганкообразные – Podicipediformes

#### **Красношейная поганка – *Podiceps auritus* (Linnaeus, 1758)**

Спорадически зимующий, весеннепролетный вид. В марте 2014 года встречена 1 взрослая особь на акватории в Западной бухте заповедника. Одиночная птица встречена в феврале 2015 года на морской акватории у восточных границ заповедника.

#### **Серощекая поганка – *Podiceps grisegena* (Boddaert, 1783)**

Зимующий, весеннепролетный, кочующий вид. На весеннем пролете встречается единично на морской акватории, пресных водоемах со 2 декады марта до конца апреля. Одиночных птиц регистрировали на морской акватории в январе – феврале 2015 года. Одиночных птиц наблюдали в тех же биотопах на кочевках с середины июня. 17 июня 2016 года наблюдали одиночную птицу на пресном водоеме Яуше-Тыйнак. 10 мая 2014 года<sup>©</sup> – встречена одна серощекая поганка на морском побережье заповедника в бухте Восточная.

### Отряд Аистообразные – Ciconiiformes

#### **Египетская цапля\* – *Bubulcus ibis* (Linnaeus, 1758)**

Залетный, весеннепролетный вид. Единично встречается в открытых биотопах у водоемов, иногда на территории населенных пунктов с 3 декады апреля по конец

мая. Впервые зарегистрирована на сопредельной территории заповедника 28 апреля 2019 года.<sup>©</sup> Птица находилась у восточных границ заповедника. Возле села Яковенково неоднократно наблюдали с 15 по 26 мая 2020 года одиночных египетских цапель вместе с малой белой цаплей, птицы находились на побережье водоёма Яуше-Тыйнак и на деревьях, расположенных у центральной аллеи базы отдыха «Киммерик» (с.Яковенково).

**Белый аист – *Ciconia ciconia* (Linnaeus, 1758)**

Весеннеосенний пролетный вид. На весеннем пролете вид единично встречается в открытых биотопах, на морском побережье. 27 марта 2016 года<sup>©</sup> – 4 птицы пролетали с восточной стороны от горы Опук. В апреле 2014 пара птиц пыталась загнездится на окраине села Борисовка на опоре ЛЭП. Встречается над территорией заповедника, реже у водоемов и в открытых биотопах со 2 декады сентября до середины ноября. 15 ноября 2017 года найдена погибшая птица у Чебакской балки.

**Чёрный аист\* – *Ciconia nigra* (Linnaeus, 1758)**

Весеннепролетный вид. На весеннем пролете редко встречается над территорией заповедника, в открытых биотопах с конца апреля до мая. 28 апреля 2015 года встречена пара черных аистов, пролетавших над плато Опук в юго-западном направлении.

**Отряд Фламингообразные – *Phoenicopteriformes***

**Розовый фламинго\*<sup>К</sup> – *Phoenicopterus roseus* Pallas, 1811**

Летнекочующий вид. Спорадически встречается над территорией заповедника, на морском побережье во второй половине июня. 23 июня 2017 года стаю из 5 особей регистрировали на соленом водоеме возле села Марьевка. 28 июня 2018 года была встречена стая из 18 взрослых фламинго, которая в течение дня находилась в заповеднике и кружила возле села Яковенково.

**Отряд Гусеобразные – *Anseriformes***

**Краснозобая казарка\* – *Rufibrenta ruficollis* (Pallas, 1769)**

Спорадически зимующий вид. В небольшом количестве встречается в открытых прибрежных биотопах, морской акватории в 1 – 2 декаде февраля. 11 февраля 2012 года<sup>©</sup> (рис.1.1) встречены 17 казарок на поле с восточной стороны от горы Опук, вероятно из-за плохих погодных условий и недостатка корма. С 2013 года регистрировали птиц отдельно (до 10 особей) и в стаях с белолобым гусем (*Anser albifrons*) на сопредельных территориях заповедника. Этот факт может свидетельствовать о формировании видом новых мест зимовок и пролета.

**Гуменник – *Anser fabalis* (Latham, 1787)**

Зимующий вид. Редко встречается в открытых прибрежных биотопах, на морской акватории в январе – феврале. В начале января на поле пшеницы около села Яковенково наблюдали 17 гуменников. В феврале 2012 году встречены 5 особей в стае с белолобым гусем. 9 февраля 2014 года зарегистрирована стая гуменника около 70 особей около восточных границ заповедника.

**Лебедь-кликун – *Cygnus cygnus* (Linnaeus, 1758)**

Спорадически зимующий вид. Встречается редко на морской акватории, на водоемах с середины января до конца марта, в некоторые холодные зимы – до 60 экз.

12 января 2009 года – встречено 37 особей, 25 января 2009 года – 12, 1 марта 2009 года – 15, 5 марта 2009 года – 12 особей соответственно. 25 марта 2009 года – встречен подранок возле Чебакской балки к востоку от границ заповедника. 26 января 2010 года<sup>©</sup> – около 50 экз. встречены на морской акватории в бухте Восточная.

**Красноносый нырок – *Netta rufina* (Pallas, 1773)**

Зимующий и весеннепролетный вид. В декабре единично наблюдали на морской акватории, у морского берега, в некоторые зимы держится в стаях с красноголовым нырком – 1 экз./км. На весеннем пролете встречается с конца февраля до середины марта. 11 марта 2014 года встречен самец на акватории возле бухты Восточная. 3 июня 2014 года<sup>©</sup> встречен самец на акватории бухты Восточная (рис.1.2).

**Белоглазая чернеть\*<sup>к</sup> – *Aythya nyroca* (Guldenstadt, 1770)**

Весеннепролетный и зимующий вид. Приводится для пресных водоемов в марте [1]. В феврале 2012 года 5 особей регистрировали на водоеме Яуше-Тыйнак и на морской акватории, у восточных границ заповедника. На весеннем пролете 3 особи встречены на акватории к востоку от горы Опук. 23 марта 2019 года<sup>©</sup> 4 особи держались у морского побережья, отдельно от других утиных.

**Морская чернеть – *Aythya marila* (Linnaeus, 1761)**

Зимующий вид. Спорадически встречается на морской акватории заповедника с середины января до середины марта. 12 января 2009 года<sup>©</sup> – была встречена стайка из 17 птиц, среди которых были красноголовые нырки, возле бухты Восточная. 17 февраля 2008 года<sup>©</sup> там же встречено 5 особей данного вида.

**Обыкновенная гага – *Somateria molissima* (Linnaeus, 1758)**

Весеннепролетный вид. Встречается единично на морской акватории с марта по июнь. Первая регистрация на акватории заповедника, в 50 метрах от побережья (самец) – 17 мая 2011 года. В 2012 году наблюдали самку – с середины мая до начала июня на морской акватории у мыса Опук и у Западной бухты заповедника. Последний раз птицу регистрировали у Восточной бухты 17 марта 2017 года.

**Луток – *Mergus albellus* Linnaeus, 1758**

Весеннепролетный вид. На весеннем пролете встречается единично на морской акватории и на небольших искусственных водоемах на сопряженных территориях заповедника с конца февраля до первых чисел марта. Первая регистрация у восточных границ заповедника (самка) – 27 февраля 2020 года. На водоёме Яуше-Тыйнак наблюдали самку с стайке с красноголового нырка до 5 марта 2020 года.

**Отряд Соколообразные – Falconiformes**

**Скопа\* – *Pandion haliaetus* (Linnaeus, 1758)**

Весенне и осеннепролетный вид. Встречается крайне редко на морской акватории, пресных водоемах в сентябре – начале октября. В сентябре 2011 года была встречена взрослая особь скопы над территорией береговой линии заповедника (по сообщению Деваева А. С.). 25 апреля 2014 наблюдали одну особь около мыса Опук [21].

**Осоед – *Pernis apivorus* (Linnaeus, 1758)**

Осеннепролетный вид. Встречается в открытых биотопах и над территорией заповедника с конца августа до середины октября. 30 августа и 16 сентября 2018 года

встречены единичные особи осоеда над территорией заповедника с северо-западной стороны от горы Опук. 7 сентября 2018 года<sup>©</sup> наблюдали пролет осоедов, до 15 особей, с северо-западной стороны возле центрального шлагбаума заповедника.

**Курганник\* – *Buteo rufinus* (Cretzschmar, 1829)**

Зимующий, гнездящийся, вероятно оседлый вид. Встречается в скальных обрывах, открытых биотопах, лесопосадках и среди редколесий с конца апреля по июль. С 2012 года 1 пара птиц гнездится на территории заповедника практически регулярно. В 2014 году обнаружено гнездо курганника с северо-западной стороны горы Опук, 3 слетка успешно вылетели. 17. 09. 2015<sup>©</sup> года встречена взрослая особь на плато Опук (рис.1.3). В ближайшем окружении гнездятся 3 пары курганника. На осеннем пролете единично регистрировали над территорией заповедника в сентябре – октябре 2018 года. На зимовке единично посещает разнообразные открытые биотопы, скальные выступы заповедника в центральной части плато Опук.

**Змеяяд\* – *Circaetus gallicus* (Gmelin, 1788)**

Весенне и осеннепролетный и зимующий вид. Единично встречается над территорией заповедника с конца сентября до конца ноября. Вероятно, на сопредельных территориях заповедника имеется гнездовой участок птицы. Одиночных птиц встречали в гнездовой период с северо-западной стороны заповедника. Они могли залететь в поисках пищи со стороны Дорошенковского леса (с. Прудниково), где птица гнездится. 6 июня 2015 года<sup>©</sup> – встречена самка к западу от границ заповедника (рис.1.4). 17 июля 2018 года<sup>©</sup> – была встречена взрослая особь у северных границ горы Опук. 11 сентября 2014 года<sup>©</sup> – наблюдали пролет взрослой особи змеяяда над центральной частью заповедника. 26 сентября 2015 года<sup>©</sup> – взрослый самец темной формы сидел на вершине опоры ЛЭП (с. Пташкино). 27 сентября 2015 года<sup>©</sup> – встречены на пролете 3 особи данного вида, одна из которых молодая. 30 сентября 2015 года<sup>©</sup> – встречена молодая особь, охотящаяся возле села Прудниково, вероятно многочисленной в том сезоне общественной полёвкой (*Microtus socialis*). 24 ноября 2017 года<sup>©</sup> – зарегистрирована взрослая птица, вероятно зимующая на мысе Опук. В течение ноября-декабря 2017 года на скальных выступах возле морского побережья встречена одиночная особь змеяяда. Единичные встречи зимующих птиц отмечены также в январе – феврале на Чауде [22]. 24 октября 2020 года<sup>©</sup> – зарегистрирована взрослая пролетная птица (самец) возле водоёма Старый Башаул.

**Орел-карлик – *Hieraaetus pennatus* (J. F. Gmelin, 1788)**

Осеннепролетный, предположительно гнездящийся вид. Регистрировали единично с 3 декады апреля до конца июня на сопредельных территориях заповедника, в Марьевском лесу. 30 мая 2019 года<sup>©</sup> встречена взрослая птица над Марьевским лесом. 03 июня 2019 года<sup>©</sup> встречена птица темной морфы, летевшая со стороны Таш-Алчинской долины (с. Прудниково). Вид также подтвержден Домашевским С.В. На осеннем пролете единично регистрировали птиц над Марьевским лесом с конца августа до конца сентября 2018 года.

**Степной орел – *Aquila nipalensis* (Temminsk, 1828)**

Залетный, летнекочующий, осеннепролетный вид [23]. Название вида приведено по Коблику [17]. Спорадически единично встречается в открытых биотопах, недалеко

от искусственных лесов со 2 декады апреля. 03 августа 2008 года<sup>©</sup> – была зарегистрирована молодая, неполовозрелая особь данного вида (*A. n. orientalis*) после пожара недалеко от мыса Опук. Подвид птицы также подтвержден Домашевским С. В. и Карякиным И. В. Также была встречена неполовозрелая особь степного орла у западных границ заповедника – 23 мая 2019 года<sup>©</sup> (рис.1.5). На осеннем пролете 17 августа 2015 года была встречена одиночная особь над территорией горы Опук.

Большой подорлик\* – *Aquila clanga* Pallas, 1811

Осеннепролетный вид. Встречается единично над территорией, в редколесье с третьей декады июля до конца августа. 25 июля 2018 года<sup>©</sup> была зарегистрирована одиночная особь (вероятно гибрид *A. clanga* x *A. pomarina*) на опушке Марьевского леса возле села Марьевка. Вид также подтвержден Домашевским С. В. (похож на малого подорлика), Карякиным И. В. (вероятно гибрид большого подорлика с малым) и Кобликом Е. А. (большой подорлик).

Малый подорлик\* – *Aquila pomarina* C. L. Brehm, 1831

Осеннепролетный и зимующий вид. На сопредельных территориях заповедника над открытыми биотопами встречается единично с 1 декады сентября по конец октября. 16 сентября 2018 года регистрировали птицу к северу от границ заповедника возле села Борисовка. На зимовке, в феврале 2012 года, регистрировали одиночного подорлика с южной стороны Марьевского леса возле трассы на Марьевку.

Беркут\* – *Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758)

Зимующий вид. Единичные залеты регистрировали на сопредельных территориях заповедника в январе – феврале 2015 года (по сообщениям инспекторов заповедника). В отдельные зимы встречается не единожды, как, например, в январе 2012 года было учтено 3 особи в районе Марьевского леса [24]. 21 февраля 2019 году одиночную птицу наблюдали на сопредельной территории, у восточных границ заповедника.

Орлан-белохвост\*<sup>К</sup> – *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758)

Зимующий, весеннепролетный вид. Встречи в феврале приводятся для окрестностей горы Опук [1]. На зимовке регулярно регистрируется над территорией заповедника в открытых биотопах возле водоемов со 2-й половины января до конца февраля. Во второй половине января 2012 года, когда в результате появления ледового покрова на всех водоемах чаще стали появляться взрослые птицы. Они концентрировались возле скотомогильников, по берегам водоемов. 18 января 2019 года<sup>©</sup> – взрослая птица держалась возле водоема с могильником в с. Яковенково. 23 февраля 2014 года<sup>©</sup> – встречена взрослая птица возле водоема Башаул. 06 февраля 2015 года<sup>©</sup> – молодая птица сидела на кургане к западу от горы Опук. На весеннем пролете орланов регистрировали над территорией заповедника на морском побережье, возле пресных водоемов во второй декаде марта. 12 марта 2014 года<sup>©</sup> встречена взрослая птица на побережье к востоку от горы Опук.

Чёрный гриф\* – *Aegypius monachus* (Linnaeus, 1766)

Осеннекочующий вид. Спорадически встречается в открытые биотопах в октябрь-ноябре на сопредельных территориях заповедника. Осенью 2014 года 1–2 птицы регулярно держались у с. Пташкино. В ноябре 2015 года встречен у скотомогильника вместе с орланом-белохвостом между Марьевским лесом и селом Пташкино.

### Отряд Журавлеобразные – Gruiformes

#### Стрепет\*<sup>к</sup> – *Tetrax tetrax* (Linnaeus, 1758)

Зимующий, весенне и осеннепролетный вид. Вероятно, гнезился в окрестностях заповедника в 50–70 г года (Ю. В. Аверин, Ю. В. Костин). На зимовке встречается (до 3 особей) в открытых биотопах на западе от границ заповедника с декабря. На весеннем пролете стрепет спорадически встречается единично в открытых биотопах, над территорией заповедника с марта до середины апреля. В конце апреля 2017 года встречена пара птиц к востоку от озера Киркояшское. Осенний пролет проходит единично над территорией заповедника с 3 декады июля до середины октября. 3 ноября 2017 года<sup>©</sup> – встречен одиночный самец к востоку от горы Опук.

### Отряд Ржанкообразные – Charadriiformes

#### Золотистая ржанка\* – *Pluvialis apricaria* (Linnaeus, 1758)

Осенне и весеннепролетный, зимующий вид. На осеннем пролете количество мигрирующих птиц намного меньше весеннего и составляет до 5–10 особей. Встречается на открытых биотопах, в агроценозах, морском побережье. На зимовке птиц можно наблюдать на водоемах и морском побережье с конца ноября до февраля. 16 декабря 2018 года<sup>©</sup> найдена мертвая птица в селе Яковенково. На весеннем пролете ржанку можно наблюдать в открытых биотопах (агроценозы, сельхозугодья), возле водоемов, реже на морском берегу с конца февраля до середины апреля в количестве – до 100 особей. В начале пролета 21 и 22 марта 2019 года<sup>©</sup> были встречены стаи птиц на полях в окрестностях сел Борисовка и Вязниково (5–20 особей). 10 и 11 апреля 2019 года<sup>©</sup> регистрировали стаю ржанок (97 особей) у восточных границ заповедника над полем пшеницы. 19 сентября 2019 года<sup>©</sup> регистрировали 3 особи ржанок на Кояшском озере (рис.1.9).

#### Щеголь – *Tringa erythropus* (Pallas, 1764)

Весеннепролетный вид. Встречаются редко одиночные птицы на пресных водоемах со 2 декады апреля по 1 декаду мая. 16 апреля 2018 года<sup>©</sup> и 15 и 16 апреля 2019 года<sup>©</sup> (рис.1.8) встречены одиночные птицы на водоеме Яуше-Тыйнак и на побережье к востоку от горы Опук соответственно. 5 мая 2015 года была одиночная встречена птица в стайке с ходулочником в Восточной бухте заповедника.

#### Поручейник – *Tringa stagnatilis* (Bechstein, 1803)

Весенне и осеннепролетный вид. Единично встречается на весеннем пролете на соленых озерах и пресных водотоках с 3 декады марта по 1 декаду мая. 27 марта 2016 года<sup>©</sup> – 1 особь впервые наблюдалась на озере Кояшское (рис.1.6). 4 и 10 апреля 2019 года<sup>©</sup> встречена стайка из трёх поручейников на водоеме Яуше-Тыйнак в селе Яковенково. На осеннем пролете 12 июля 2019 года<sup>©</sup> зарегистрированы 3 особи поручейника в стайке с турухтаном (*Philomachus pugnax*) на восточном побережье Кояшского озера.

#### Мородунка – *Xenus cinereus* (Guldenstadt, 1775)

Осеннепролетный вид. Встречается редко на соленых водоемах, морском побережье с конца августа до середины сентября. Впервые зарегистрирована 31 июля 2018 года<sup>©</sup> стайка из 5 мородунок на восточном побережье Кояшского озера (рис.1.7). 28 августа 2018 года пролет у северных границ заповедника возле Кояшского озера.



Круглоносый плавунчик<sup>к</sup> – *Phalaropus lobatus* (Linnaeus, 1758)

Весенне и осеннепролетный вид. На весеннем пролете встречается на территории соленых озер в мае. На осеннем пролете единично останавливается на соленых озерах, пресных водоемах на сопредельных территориях заповедника с середины июля до конца августа. 30 августа 2014 года<sup>©</sup> – одна особь учтена на Кояшском озере. 17 июля 2018 года<sup>©</sup> одна особь (самка) учтена на водоеме к востоку от села Яковенково. 19 сентября 2019 года<sup>©</sup> молодая особь учтена на Кояшском озере. На весеннем пролете единично останавливается на соленых озерах, пресных искусственных водоемах на сопредельных территориях заповедника в июне.

Исландский песочник<sup>к</sup> – *Calidris canutus* (Linnaeus, 1758)

Весенне и осеннепролетный вид. На весеннем пролете спорадически встречается на морском побережье, в камнях у побережья на сопредельных территориях заповедника во 2-й декаде апреля единично. 12 апреля 2015 года наблюдали одну особь на камнях у берега моря возле с. Яковенково.

**Песчанка – *Calidris alba* (Pallas, 1764)**

Осенне и весеннепролетный вид. Регистрировали на побережье моря и соленых озер с 3 декады августа до 2 декада октября численностью до 10 особей. 25. 08. 2012 года<sup>©</sup> – 5 особей на побережье Западной бухты заповедника (рис.1.10).

1 сентября 2013 года<sup>©</sup> – 2 особи, 13 сентября 2009 года<sup>©</sup> – 10 особей, 19 октября 2011 года<sup>©</sup> – 9 особей на побережье Кояшского озера соответственно. На весеннем пролете в тех же биотопах единично со 2-й декады апреля. 03. 06. 2019 года<sup>©</sup> наблюдали две особи на берегу Кояшского озера. 13. 09. 2018 года<sup>©</sup> и 21. 09. 2018 года<sup>©</sup> – 3 и 7 особей песчанок регистрировали на морском побережье Восточной бухты заповедника соответственно.

**Средний кроншнеп – *Numenius phaeopus* (Linnaeus, 1758)**

Весеннепролетный вид. Редко встречается в открытых биотопах, на морском побережье в 3-й декаде апреля на сопредельных территориях заповедника. В апреле 2011 года встречены 3 особи в стае с чибисом и большим кроншнепом на пересыпи Кояшского озера.

**Большой веретенник\* – *Limosa limosa* (Linnaeus, 1758)**

Весеннепролетный вид. Единично регистрировали на пресных водоемах, морском побережье с 3 декады марта до мая. 27 марта 2016 года<sup>©</sup> – встречена стая, в которой было 32 веретенника. Данная стая перемещалась вдоль морского побережья на востоке от горы Опук.

Луговая тиркушка\*<sup>к</sup> – *Glareola pratincola* (Linnaeus, 1766)

Гнездящийся, летнекочующий вид. В небольшом количестве (до 20 особей) встречается в открытых биотопах у водоемов с 1 декады апреля до конца июня. Одиночные весеннепролетные птицы встречались у водоемов на сопредельных территориях заповедника: 15 апреля 2014 года<sup>©</sup> – на берегу Яуше-Тыйнак ус. Яковенково. 29 мая 2014 года<sup>©</sup> (1 молодая особь) и 10 мая 2015 года<sup>©</sup> (2 особи) – у водоёма Старый Башаул и Кояшское соответственно. Вид единично встречается на водоёмах в период летних кочевков. 7 августа 2016 года встречены 3 птиц, одна среди них – молодая.

Степная тиркушка\* – *Glareola nordmanni* Nordmann, 1842

Весеннепролетный вид. 29 мая 2014 года 3 особи регистрировали единично в мае месяце в открытых биотопах у водоемов в стае с луговой тиркушкой на сопредельных территориях заповедника возле водоема Старый Башаул.

Восточная клуша – *Larus heuglini* Bree, 1876

Осеннепролетный вид. Регистрировали 2 особи в октябре 2014 года на морской акватории на сопредельных территориях заповедника к востоку от Чебакской балки в стае с хохотуньей.

**Средиземноморская чайка – *Larus michahellis* J.F. Naumann, 1840**

Гнездящийся, кочующий и зимующий вид. Название вида приведено по Коблику [17]. В Крыму ранее вид рассматривался как один вместе с близким видом *L. cahinnans*. Автор впервые для заповедника зарегистрировал и выделил средиземноморскую чайку, наблюдая в Западной бухте возле мыса Опук 31 марта 2011 года<sup>©</sup> (рис.1.11). Позже, по найденному в архиве фото птицы, было подтверждено более раннее гнездование средиземноморской чайки 17 мая 2009 года<sup>©</sup>. Заселяет скальные береговые обрывы и островки на морской акватории заповедника в районе мыса Опук. Птицу можно наблюдать у мест гнездования с 3 декады марта. В последние годы регистрировали 4–15 гнездящихся пар. 28 мая 2011 года<sup>©</sup> зарегистрирована кладка из 2 птенцов-слетков и одного яйца-болтуна на скале возле берега у Западной бухты заповедника. Вид подтвержден СК ОФК [19,20]. В августе – сентябре взрослые чайки вместе с молодыми (до 50 особей) встречаются на кочевках на побережье моря, водоемах, свалках, населенных пунктах, сельхозугодьях. 31 августа 2014 года<sup>©</sup> зарегистрированы 4 особи средиземноморской чайки на земле у северных границ заповедника. В феврале 2014 года встречены 15 средиземноморских чаек на акватории Восточной бухты заповедника.

**Моевка – *Rissa tridactyla* (Linnaeus, 1758)**

Кочующий, зимующий вид. Встречается на морской акватории в третьей декада июля единично. 25 июля 2014 года молодую птицу наблюдалась на акватории моря к востоку от горы Опук. 28 декабря 2017 года – единственная регистрация (1 особь) в том же биотопе, к югу от горы Опук в стае с хохотуньей (*Larus cahinnans*).

**Белокрылая крачка – *Chlidonias leucopterus* (Temminck, 1815)**

Малочисленный пролетный вид. Встречается единично на водоемах, морской акватории с начала апреля до конца мая. В первой декаде апреля 2018 года встречена стая из 16 пролётных крачек, которая летела в северо-восточном направлении. 26 апреля 2019 года<sup>©</sup> – 12 крачек встречено на акватории Восточной бухты, 21 мая 2015 года<sup>©</sup> – крачку наблюдали у устья Чебакской балки (у ставников) у восточных границ заповедника. На летних кочевках регистрировали единично на водоемах в августе. 2 августа 2017 года<sup>©</sup> встречена крачка возле устья Чебакской балки к востоку от горы Опук (рис.1.12). В период миграций эта крачка отмечалась только в августе и в первой декаде мая (на 2 учетах). На пресном водоеме Яуше-Тыйнак в первой декаде мая учитывали от 3 до 35 птиц (по 3 учетам).

**Белошекая крачка – *Chlidonias hybrida* (Pallas, 1811)**

Редкий пролетный вид. Единично вид регистрировали на морском побережье возле ставников у устья Чебакской балки, водоемы (до 5 особей). 21 мая 2015 года<sup>©</sup> – встречена одна особь на побережье, к востоку от горы Опук (рис.1.13). 8 апреля

2015 года<sup>©</sup> – встречена крачка на побережье Кояшского озера. В июле встречаются стайки птиц вдоль морского побережья, среди которых есть молодые птицы (до 50 особей). Летят в основном с западной стороны вдоль побережья моря, вероятно с мест гнездования. Ближайшая гнездовая колония находится на водоёме восточнее урочище Мошкарево (Чауда). Эту крачку учитывали к западу от границ заповедника 4 раза: по 1 разу в июле 2014 года, августе 2014 года (5 и 3 птицы), дважды в второй декаде мая 2015 года (3 и 5 птиц). 22 сентября 2015 года наблюдали на пресном водоёме Ст. Башаул 2 особи.

#### Отряд Голубеобразные – Columbiformes

##### Клинтух\*– *Columba oenas* Linnaeus, 1758

Весеннепролетный, зимующий вид. Встречается в редколесьях, агроценозах (до 200 особей) в 1-й декада февраля. 09.02.2019 года<sup>©</sup> были встречены 60 особей, 14 января 2015 года<sup>©</sup> – 5 особей к северу от горы Опук. В последние годы становится обычным на зимовке в районах Восточного Крыма. Наблюдали зимующих клинтухов 12 декабря 2013 года на полях озимой возле с. Марьевка, с. Яковенково (до 200 особей) и 20 февраля 2016 года на проводах и агроценозах вдоль трассы Марьевка – Яковенково (3 птицы).

##### Кольчатая горлица<sup>к</sup> – *Streptopelia decaocto* (Frivaldsky, 1838)

Кочующий вид. Встречается в небольшом количестве в искусственных лесопосадках, древесно-кустарниковой растительности в октябре, конце февраля. 5 октября 2016 года в лесопосадке возле Чебакской балки и у северо-восточной стороны от горы Опук были встречены 3 молодые особи. 26 и 28 апреля 2019 года обнаружена 1 особь, которая сначала была встречена у восточных границ заповедника, а потом возле Восточной бухты.

##### Хохлатая кукушка – *Clamator glandarius* (Linnaeus, 1758)

Залетный вид. Спорадически встречается в редколесьях, открытых околоводных биотопах на сопредельных территориях заповедника в первой декаде июня 2011 года [26]. В июне 2018 года встречена 1 особь в лесополосе возле с.Яковенково.

##### Глухая кукушка – *Cuculus saturatus* Blyth, 1843

Весеннепролетный вид. На пролете спорадически встречается в искусственных насаждениях, кустарниках; в открытых околоводных биотопах на территории заповедника и восточных окраинах в мае–июле. 5 мая 2015 года – одна особь пролетала вдоль тектонического разлома горы Опук.

#### Отряд Дятлообразные – Piciformes

##### Сирийский дятел – *Dendrocopos syriacus* (Hemprich et Ehrenberg, 1833)

Гнездящийся, осеннекочующий вид. Встречается единично в древесно-кустарниковой растительности в населенных пунктах, на сопредельных территориях заповедника – в искусственных посадках – с 1-й декады мая по июль. Гнездится на сопредельных территориях заповедника к востоку от горы Опук, лесополоса и в самом с. Яковенково. Зимовка проходит единично в тех же биотопах. В октябре 2016 года встречена одиночная особь дятла среди древесно-кустарниковой растительности в каньоне тектонического разлома на горе Опук. 5

апреля 2018 года – вид зарегистрирован в окрестности села Яковенково в искусственной лесопосадке возле Чебакской балки.

Пестрый дятел<sup>к</sup> – *Dendrocopos major* (Linnaeus, 1758)

Гнездящийся, осеннекочующий вид. Встречается единично среди древесно-кустарниковой растительности, в населенных пунктах к северу от границ заповедника. Обнаружен на гнездовании на сопредельных территориях заповедника, в этот период регистрировали в ближайших населенных пунктах возле заповедника со 2 декады апреля до конца июня. 12 мая 2018 года обнаружено гнездо в дупле, расположенное к северу от горы Опук (с. Марьевка). 16 октября 2015 года регистрировали одиночные особи в искусственной лесопосадке вдоль трассы на с. Заветное.

### Отряд Воробьинообразные – Passeriformes

Серый жаворонок\* – *Calandrella rufescens* (Vieillot, 1820)

Зимующий, вероятно гнездящийся вид. Встречается редко в открытом биотопе, в степях на сопредельных территориях заповедника с 3 декады мая до июля. 08 апреля 2016 года<sup>©</sup> наблюдали жаворонка к востоку от горы Опук на пропашке. На зимовке единично встречается в открытых биотопах в стайках с полевым жаворонком со 2 декады ноября до февраля.

Лесной жаворонок – *Lullula arborea* (Linnaeus, 1758)

Зимующий, вероятно гнездящийся вид. Редко встречается на разреженной древесной растительности со 2 декады апреля по начало сентября. Единичные случаи гнездования возможны на территории заповедника. 17 марта 2017 года<sup>©</sup> – одна особь встречена на пропашке к востоку от горы Опук. В апреле 2017 года слышали токовую песню самцов в гнездовое время. На зимовке птиц наблюдали в открытых биотопах, на кустарниковой растительности с ноября – по середину марта: менее 1 экз./ км. 27 марта 2020 года<sup>©</sup> – пара птиц держалась на пропашке к востоку от горы Опук (рис.1.18).

Желтолобая трясогузка – *Motacilla lutea* (S.G. Gmelin, 1774)

Весенне и осеннепролётный и кочующий вид. Нерегулярно встречается в открытых биотопах, у водоемов, у мест скопления воды с 1 половины марта до конца апреля единично. На осеннем пролете единично встречается в тех же биотопах в 1 декаде сентября. 07 августа 2016 года<sup>©</sup> – наблюдали молодого самца трясогузки у Кояшского озера (рис.1.16) [27].

Желтоголовая трясогузка – *Motacilla citreola* Pallas, 1776

Весенне и осеннепролётный вид. Со 2 половины марта до конца апреля трясогузку наблюдали в открытых биотопах, у водоемов и водотоков в единичном количестве. 8 апреля 2016 года<sup>©</sup> – наблюдали токующего самца трясогузки у Кояшского озера. 17 апреля 2017 года<sup>©</sup> – наблюдали молодого самца малой желтоголовой трясогузки (*Motacilla citreola werae*) (рис.1.17) в брачном наряде у восточного побережья Кояшского озера в стайке с желтой трясогузкой (*Motacilla flava*). Осенний пролет проходит в конце сентября. Наблюдали в единичном количестве птиц в открытых биотопах, у водоемов, у мест скопления воды. 29 августа 2015 года<sup>©</sup> – наблюдали молодого самца трясогузки у Кояшского озера [27].

Красноголовый сорокопут\* – *Lanius senator* Linnaeus, 1758

Весеннепролётный, вероятно гнездящийся вид. Красноголового сорокопута регистрировали в открытых биотопах, в кустарниковой растительности, в

искусственных лесополосах у северных границ заповедника со 2 декады апреля до середины июня единично. Птиц (самцов) регистрировали на плато Опук и у северных границ заповедника 4 мая 2018 и 2019 года<sup>©</sup>. 27 апреля 2018 года<sup>©</sup> (рис.1.14) и 26 апреля 2019 года<sup>©</sup> регистрировали одиночного самца сорокопута этого вида в 30 метрах от пресного источника Кырк-Чокрак на кустарнике шиповника. 10 мая 2019 года<sup>©</sup> наблюдали пару в центральной части заповедника. Последние годы вид стал чаще встречаться в открытых биотопах. Вероятно, гнездится, о чем свидетельствуют единичные раннелетние наблюдения в июне среди кустарниковой растительности к северу от горы Опук.

**Соловьиный сверчок – *Locustella luscinoides* (Savi, 1824)**

Осенне и весеннепролетный вид. В сентябре – октябре 2015 года в тростниковых зарослях Кояшского озера наблюдали одиночных сверчков. На весеннем пролете (апрель – июнь) птицу регистрировали в тех же биотопах. В апреле 2017 году слышали песню токующего самца в тростниковых зарослях Кояшского озера.

**Зелёная пересмешка – *Hippolais icterina* (Vieillot, 1817)**

Весеннепролетный вид. Эту пересмешку наблюдали в середине мая 2012 года среди зарослей лоха на побережье у западных границ заповедника. Последние годы птицу не регистрировали.

**Бледная пересмешка – *Hippolais pallida* (Hemprich et Ehrenberg, 1833)**

Залетный вид. Эту пересмешку наблюдали в мае 2011 года среди зарослей лоха, в кустарниках на побережье вне заповедника. Приводится для морского побережья (пересыпь Узунларского озера) [7]. Последние годы птицу не регистрировали.

**Зеленая пеночка – *Phylloscopus trochiloides* (Sundevall, 1837)**

Залетный вид. Пеночка встречается в кустарниках вдоль береговой полосы Черного моря в апреле. 27 апреля 2013 года встречена одиночная птица к западу от Кояшской пересыпи. Последние годы птицу не регистрировали.

**Пустынная славка – *Sylvia nana* (Hemprich et Ehrenberg, 1833)**

Залетный вид. Птицу, похожую на пустынную славку наблюдали в мае 2012 года за пределами пересыпи Кояшского озера. Приводится для морского берега [1, 7]. Последние годы птицу не регистрировали.

**Желтоголовый королек\* – *Regulus regulus* (Linnaeus, 1758)**

Осенне и весеннепролетный вид. С начала ноября до декабря этого короля можно наблюдать в редколесье, лесопосадках, на вечнозеленых насаждениях, на морском побережье в небольшом количестве (до 10 ос.). 10 ноября 2017 года<sup>©</sup> – встречена стайка королек (5 особей) на вечнозеленых посадках туи на базе отдыха «Киммерик». В ноябре 2016 года учтены 3 особи на побережье Западной бухты. В это время, по-видимому, происходят наиболее интенсивные перекочевки королек с верхних поясов гор Южнобережья в восточном направлении, а весной наоборот. В последние годы вид регулярно встречается на весеннем пролёте в тех же биотопах в небольшом количестве (до 5 особей).

**Каменка-плясунья – *Oenanthe isabellina* (Temminck, 1829)**

Весенне и осеннепролетный вид. На осеннем пролете вид встречается в открытых биотопах, на скалистых участках с 3 декады сентября по 1 декаду ноября малочисленно (до 3 ос. / км маршрута). 28–29 августа 2014 года<sup>©</sup> (рис.1.19), 25 сентября 2014 года<sup>©</sup>

одиночные каменки были зарегистрированы на плато горы Опук. 26 сентября 2015 года<sup>©</sup>, 18 октября 2015 года<sup>©</sup>, 5 ноября 2014 года<sup>©</sup> – встречены одиночные каменки на севере и в центре территории заповедника. Весенний пролет проходит в тех же биотопах со 2 декады марта до конца апреля. 18 марта 2019 года<sup>©</sup> наблюдали 2 особи на пропашке к востоку от горы Опук. В течение апреля 2019 года птицы постоянно отмечались вдоль полевых дорог и на пропашке по границе заповедника.

Сизая горихвостка – *Rhyacornis fuliginosus* (Vigors, 1831)

Осеннезалежный вид. Вероятны встречи горихвостки в открытых биотопах, возле скальных выходов, иногда на морском побережье. 21.10.2017 года<sup>©</sup> наблюдали самца на побережье моря к востоку от горы Опук на сопредельной территории заповедника. Впервые обнаружена эта горихвостка в Крыму [28] и идентифицирована Е. А. Кобликом и И. И. Уколовым по фото.

Белозобый дрозд – *Turdus torquatus* Linnaeus, 1758

Весеннезалежный вид. С 3 декады марта по начало апреля sporadически встречается белозобый дрозд в открытых биотопах, среди древесно-кустарниковой растительности, на искусственных постройках в населенных пунктах на сопредельных территориях заповедника. В марте 2017 года встречена особь в стае с черными дроздами в селе Яковенково. 2 апреля 2019 года одиночную птицу наблюдали вместе с белобровиком.

Белобровик – *Turdus iliacus* Linnaeus, 1766

Весеннепролетный и зимующий вид. С 1 декады ноября встречается на сопредельных территориях заповедника в искусственных лесопосадках в небольшом количестве (до 4 особей). Вероятно, с 3 декады февраля по начало апреля в тех же биотопах проходит весенний пролет единично. В этот период птицу можно заметить в стайках с другими дроздами. В 2017 и 2018 годах в период миграций (в конце февраля и марте) вид регистрировали на базе отдыха «Киммерик», среди вечнозеленых кустарников и на софоре японской в селе Яковенково. 17 января 2020 года<sup>©</sup> в центральной части заповедника зарегистрирована одиночная особь (рис.1.15).

Усатая синица – *Panurus biarmicus* (Linnaeus, 1758)

Весеннезалежный вид. В марте 2017 года вид регистрировали в тростниковых зарослях возле Кояшской пересыпи на территории заповедника в количестве 5 особей.

Длиннохвостая синица – *Aegithalos caudatus* (Linnaeus, 1758)

Гнездящийся и кочующий вид. Встречается в древесно-кустарниковой растительности к северу от заповедника с марта по июнь – не более 0,5 пар/10 га [8]. Единично встречается на кочевках в тех же биотопах в июле. В июле 2015 года учтены 2 особи на лохе возле Марьевского леса.

Московка – *Parus ater* Linnaeus, 1758

Гнездящийся, оседлый вид. Населяет Марьевский лес (вероятно с апреля до 2 декады июля) единично, на сопредельных территориях заповедника – редка [11]. Регулярно гнездится, используя как дупла, так и пустоты в каменных стенках и заборах. В зимний период встречается в редколесьях и искусственных лесонасаждениях в небольшом количестве (1–5 особей). В этот период питается преимущественно семенами биоты и сосны. 12 февраля 2012 года были встречены 4 особи на вечнозеленых растениях, расположенных на базе отдыха «Киммерик».

**Вьюрок – *Fringilla montifringilla* Linnaeus, 1758**

Осеннепролетный и зимующий вид. Населяет редколесья, открытые биотопы. В осенне-зимний период с октября по конец марта 2018 года вьюрка регистрировали возле тектонического разлома горы Опук в небольшом количестве (до 10 особей). Как правило, единичные птицы или небольшие их группы держатся недалеко от населенных пунктов (с. Марьевка), совместно с зябликами, питаются семенами ясеня. 9 января 2015 года<sup>©</sup> – одиночная особь встречена с восточной стороны заповедника (рис.1.20). Зимой 2018 года с января до середины марта вьюрков наблюдали возле тока в селе Марьевка, вероятно птицы слетались на ночевку с искусственных лесов на юге Керченского полуострова.

**Черногрудый воробей – *Passer hispaniolensis* (Temminck, 1820)**

Весеннепролетный, гнездящийся, кочующий вид. Автором, впервые в Крыму, обнаружен данный вид (в количестве 6 пар), гнездящийся колонially, в основании гнезда белого аиста 17 июля 2010 года<sup>©</sup> (Нижнегорский район). Фото было найдено позже в архиве в 2016 году, а первая находка вида была зафиксирована в 2013 году [29].

В заповеднике вид наблюдали на весеннем пролете с 2016 года (с середины апреля – до первой декады мая) регистрировали стайки (до 10 ос.), которые держались в кустарнике шиповника возле озера Кояшское. Со второй декады апреля самцов черногрудого воробья (до 10 особей) наблюдали в селе Яковенково. 11 апреля 2019 года<sup>©</sup> регистрировали 3 взрослые особи (самцы) на вязе возле Чебакской балки. Птицы делают постройки в населенных пунктах, опорах ЛЭП, в открытых биотопы (в гнездах хищных птиц и возле них – до 15 пар). В искусственных лесопосадках, в период с конца марта до августа, число гнездящихся птиц достигает 50 пар [29]. Гнездовые колонии черногрудых воробьев (до 20 пар), в основном располагаются на вязе, в основании многолетних (высоких) гнезд курганника и вокруг на ближайших ветках или в углах металлических стоек ЛЭП. Черногрудый воробей на юге Керченского полуострова образует колонияльные поселения в гнездах следующих видов птиц: курганника, балобана (*Falco cherrug*), чеглока (*Falco subbuteo*), ворона (*Corvus corax*), белого аиста и др. Гнезда воробьев также расположены рядом (до 5-х метров) с гнездами птиц-хозяев. Воробьи остаются в колониях до окончательного вылета семьи хозяев. В июне – июле птицы группируются (до 150 экз.) и держатся на участках с древственно-кустарниковой растительностью, иногда птицы делают вторую кладку. Например, 14 июля 2017 года<sup>©</sup> учтены взрослые особи в колонии возле гнезда и у основания гнезда курганника, расположенного с северо-западной стороны с. Яковенково.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате орнитологических исследований, проведенных в заповеднике и сопредельных территориях в 2011–2020 годах, получены новые данные, уточняющие видовой состав птиц и характер пребывания ряда видов как исследуемой территории заповедника и сопредельных территорий, так и равнинной части Крыма в целом. На данной территории отмечено 68 видов из 11 отрядов и 25 семейств; 22 редких вида птиц, которые занесены в Красные книги Крыма и России.

За весь период времени с 2011 по 2020 год на территории заповедника автором зарегистрировано 241 вид птиц, относящихся к 132 родам, 53 семействам и 20 отрядам,

из которых 97 (39 %) гнездятся относительно регулярно. Среди них – 39 новых вида для заповедника. Подтверждено присутствие 22 видов на сопредельных территориях.

Ниже, на рис.1 представлены фото новых видов птиц для территории заповедника.



Рис. 1. Новые виды птиц для территории Опукского природного заповедника: краснозобая казарка (1), красноносый нырок (2), курганник (3), змеяд (4), степной орел (5), поручейник (6), мородунка (7), шеголь (8), золотистая ржанка (9), песчанки (10), средиземноморские чайки (11), белокрылая крачка (12), белощёкая крачка (13), красноголовый сорокопут (14), белобровик (15), желтолобая трясогузка (16), малая желтоголовая трясогузка (17), лесной жаворонок (18), каменка-плясунья (19), вьюрок (20) (фото И. А. Сикорского).



С учетом данных дополнений, общий список орнитофауны заповедника и сопредельных территорий составляет 263 вида птиц, что составляет 78 % от всей авифауны Крыма (с учетом количества птиц аннотированного списка орнитофауны заповедника [13]) и на 11 видов больше, указанного количества всей орнитофауны Керченского полуострова [10].

Полученные результаты имеют теоретическую и практическую ценность для оптимизации мероприятий по охране редких птиц в условиях возрастания антропогенного влияния и глобальных климатических изменений [30].

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю признательность сотрудникам заповедника: В. И. Гасымовой, С. А. Гасымову, В. В. Мазепе, А. С. Деваеву за сведения о наблюдениях птиц на сопредельных территориях заповедника, в окрестностях сел Яковенково, Марьевка, Борисовка и С. В. Леденкову за предоставленные фотографии белозобого дрозда и сизой горихвостки в окрестности села Яковенково. А также Е. А. Артемьевой, С. В. Домашевскому, Е. А. Коблику, И. В. Карякину и И. И. Уколову за помощь в подтверждении видов по фотографиям.

### Список литературы

1. Frank F. Die Vogel von Opuk (Schwarzmeer-Gebiet) / F. Frank // Bonner zool. Beitrage. – 1 (2.4). – 1950. – P. 144–214.
2. Аверин Ю. В. Птицы горы Опук как источник заселения защитных лесных насаждений Керченского полуострова / Ю. В. Аверин // Труды Крымского филиала АН СССР. – 1951. – Вып. 2. – С. 11–19.
3. Костин С. Ю. Новые данные о птицах Крыма / С. Ю. Костин, М. М. Бескаравайный // Фауна, экология и охрана птиц Азово-Черноморского региона. Сб. научн. трудов. – Симферополь, 1999. – С. 23–26.
4. Костин С. Ю. Фауна и распределение гнездящихся птиц Опукского заповедника / С. Ю. Костин, М. М. Бескаравайный // Заповідна справа в Україні. – М., 2002. – Т. 8, В. 1. – С. 62–69.
5. Костин С. Ю. История изучения и краткий фенологический анализ орнитофауны заповедников Крыма. / С. Ю. Костин // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыан». – 2011. – 2. – С. 163–176.
6. Костин Ю. В. Птицы Крыма / Ю. В. Костин – М.: Наука, 1983. – 240 с.
7. Кинда В. В. Ревизия редких, малоизученных и залетных видов воробьинообразных (Passeriformes) птиц в Крыму / В. В. Кинда, М. М. Бескаравайный, Е. А. Дядичева, С. Ю. Костин, М. М. Попенко // Бранта: сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. – 2003. – Вып. 6. – С. 25–58.
8. Цвельх А. Н. Элементы орнитофауны Горного Крыма в островных искусственных лесных массивах Керченского полуострова / А. Н. Цвельх // Вестник зоологии. – № 3. – 2006. – С. 241–248.
9. Артемьева Е. А. Симпатрия «желтых» трясогузок (Passeriformes, Motacillidae, Motacillinae): география, экология, эволюция. Части 1, 2 / Е. А. Артемьева, И. В. Муравьев – М.: Флинта – Наука, 2012. – 152 с.
10. Бескаравайный М. М. Роль и перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий, важных для сохранения орнитологического разнообразия Керченского полуострова (Крым) / М. М. Бескаравайный // Научные труды Государственного природного заповедника «Присурский». – 2015. – Т. 30, № 1. – С. 38–43.
11. Попенко В. М. Появление московки *Parus ater* в фауне изолированного искусственного лесного массива на Керченском полуострове / В. М. Попенко, А. Н. Цвельх // Русский орнитологический журнал. – 2015. – Т. 24. – №. 1219.

12. Андриющенко Ю. А. О находках новых и редких видов птиц в Крыму / Ю. А. Андриющенко, Е. А. Дядичева, А. Б. Гринченко, А. М. Полуца, В. М. Попенко, С. П. Прокопенко, И. И. Черничко, Р. Н. Черничко // Русский орнитологический журнал. – 2017. – № 1459. – С. 2499–2500.
13. Костин С. Ю. Аннотированный список птиц Опукского природного заповедника / С. Ю. Костин, М. М. Бескаравайный // Научные записки природного заповедника Мыс Мартыан, 2011. – Вып. 2. – С. 234–258.
14. Сикорский И. А. Видовой состав и таксономическая структура орнитофауны в биогеоценозах ГБУПЗ «Опукский» / И. А. Сикорский // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (г. Сочи, 2–4 декабря 2015г.). – Сочи, 2015. – С. 290–297.
15. Сикорский И. А. Состояние популяций краснокнижных видов орнитофауны ГБУПЗ «Опукский» и его окрестностей / И. А. Сикорский // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий. Том 4: Сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции (1–3 ноября 2017 г., Сочи). – Сочи, 2017. ГКУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности», Дониздат. – С. 250–263.
16. Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области) / Л. С. Степанян – М: Академкнига, 2003. – 808 с.
17. Коблик Е. А. Список птиц Российской Федерации / Е. А. Коблик, Я. А. Редькин, В. Ю. Архипов – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 256 с.
18. Красная книга Российской Федерации (животные) / [Гл. редкол: В. И. Данилов-Данильян и др.] – М.: АСТ: Астрель, 2001. – 862 с.
19. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 24.03.2020 № 162 «Об утверждении Перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации» (Зарегистрирован 02.04.2020 № 57940).
20. Красная книга Республики Крым. Животные / [Отв. ред. д. б. н., проф. С. П. Иванов и к. б. н. А. В. Фатерьга]. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 440 с.
21. Сикорский И. А. Современное состояние хищных птиц природного заповедника «Опукский» / И. А. Сикорский // Пернатые хищники и их охрана. – 2019. – №. 37. – С. 49–53.
22. Прокопенко С. П. Первый случай зимовки змеяда *Circaetus gallicus* на Украине / С. П. Прокопенко, М. М. Бескаравайный // Русский орнитологический журнал. – 2015. – Т. 24, №. 1211. – С. 4023–4024.
23. Сикорский И. А. Современное состояние орлов природного заповедника «Опукский» и его окрестностей / И. А. Сикорский // Пернатые хищники и их охрана. – 2018. – №. 1. – С. 67–70.
24. Сикорский И. А. Средиземноморская чайка (*Larus michahellis*) / И. А. Сикорский // Стрепет. – 2015. – 13, 2. – С. 125.
25. Сикорский И. А. Средиземноморская чайка *Larus michahellis* – гнездящийся вид Черноморского побережья Крыма / И. А. Сикорский // Русский орнитологический журнал. – 2016. – Т. 25, № 1326. – С. 3069–3074.
26. Прокопенко С. П. Наблюдение кукушки хохлатой, *Clamator glandarius* (Aves, Cuculiformes), в Крыму / С. П. Прокопенко // Вестник зоологии. – 2013. – Т.47, №2. – С.178.
27. Сикорский И. А. Трясогузки (Passeriformes: Motacillidae) природного заповедника «Опукский» и сопредельных территорий (Крым) / И. А. Сикорский, Е. А. Артемьева // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование : материалы II Международной научно-практической конференции (Керчь, 27–30 мая 2020 г.). – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. – С. 184–195.
28. Сикорский И. А. Встреча сизой горихвостки *Rhyacornis fuliginosa* в Крыму / И. А. Сикорский // Русский орнитологический журнал. – 2017. – Т. 26, № 1526. – С. 4813–4815.
29. Сикорский И. А. Черногрудый воробей *Passer hispaniolensis* – новый гнездящийся вид орнитофауны Крыма / И. А. Сикорский // Русский орнитологический журнал. – 2016. – Т. 25, № 1322. – С. 2961–2966.
30. Летопись природы заповедника «Опукский». Кн. 7. Сост. И. А. Сикорский. – Феодосия: 2012. – 148 с.

**ADDITIONS TO THE AVIFAUNA OF THE STATE NATURE RESERVE  
"OPUKSKIY" AND ADJACENT TERRITORIES**

*Sikorsky I. A.*

*Federal State budgetary institution "United Directorate of specially protected natural territories  
"Reserved Crimea", Yalta, pgt. Sovetskoe, Republic Of Crimea, Russia  
E-mail: zapovedcrimea@mail.ru*

Information about the bird fauna of the reserve and adjacent territories, including their numbers, areas of permanent or temporary habitat, biotopic distribution, seasonal residence, and behavior is of interest in determining and clarifying the current conservation status of these species in a particular region.

To do this, it is necessary to conduct faunal research, monitor species in General and compile (clarify) lists of bird species, in particular species of reserves and adjacent territories.

State Nature Reserve "Opukskiy" (further – the reserve) is a protected area that ensures the protection of unique natural complexes of the South of the Kerch Peninsula on the narrow coastal strip from Western tip of Kojashskoe lake to Chebaxskaya beams (near Yakovenkovo). The location of the reserve determines its significance for the conservation of bird species that nest, migrate along the black sea coast and winter in the protected water area. The reserve plays an important role in maintaining breeding populations of rare and protected species of birds and are most numerous in the South of the Kerch Peninsula winter waterfowl, a transit district of rest and feeding for migratory birds and breeding areas of some species.

Numbers in the last published list of bird fauna of the reserve [13] reflect the reliability of the presence of the species in the described territory. Baseline – 195 bird species in the reserve; 205 – taking into account adjacent areas [13] only in the reserve and adjacent areas was 241 and 263 species of birds, respectively, 46 and 58 species more above baseline.

In this article, the author presents additions that provide information about the registration of new species of bird fauna in the reserve and adjacent territories and their status listed in the list. It contains information about 68 species of birds, 39 of which were registered in the reserve for the first time, 17 species of birds were found in neighboring territories, and 7 species were confirmed to be present in the reserve [13].

The State Nature Reserve "Opukskiy" plays an important role in maintaining breeding populations of rare and protected species of birds and are most numerous in the South of the Kerch Peninsula winter waterfowl, a transit district of rest and feeding for migratory birds and breeding areas of some species. Additions to the list of avifauna of the reserve and adjacent territories provide information on the species composition and state of the bird fauna, their current status and seasonal residence periods for the period from 1989 to 2020. 241 species of birds belonging to 132 genera, 53 families and 20 orders were registered on the territory of the reserve between 2011 and 2020, of which only 97 (39 %) nest relatively regularly. Among them – 39 new species for the reserve, and for 22

species – confirmed presence in neighboring territories. The total list of avifauna of the reserve and adjacent territories is 263 species of birds, which is 78 % of the total avifauna of the Crimea. Among the species registered in the reserve – 58 rare (37 species - in the red book of the Russian Federation and 51 species - in the red book of the Crimea).

The results obtained are of theoretical and practical value for optimizing measures for the protection of rare birds in the conditions of increasing anthropogenic influence and global climate change.

**Keywords:** avifauna, State Nature Reserve “Opukskiy”, bird counts, annotated list of birds, rare birds, species status.

### References

1. Frank F. *Die Vogel von Opuk* (Schwarzmeer-Gebiet), Bonner zool. Beitrage. 1 (2.4), 144 (1950).
2. Averin Y. V., Birds of the Opuk mountain as a source of settlement of protective forest stands of the Kerch Peninsula, *Proceedings of the Crimean branch of the USSR Academy of Sciences*, **2**, 11 (1951).
3. Kostin S. Y. and Beskaravayny M. M., *New data on birds of the Crimea, Fauna, ecology and protection of birds of the Azov-black sea region*, (Sat. nauchn. Labours, Simferopol, 1999), p.23.
4. Kostin S. Y. and Beskaravayny M. M., Fauna and distribution of nesting birds of the Opukskiy reserve, *Zapovidna sprava v Ukraini*, **8** (1), 62 (2002).
5. Kostin S. Y., History of studying and brief phenological analysis of the avifauna of the Crimea reserves, *Scientific notes of the "Cape Martian" Nature Reserve*, **2**, 163 (2011).
6. Kostin Y. V., *Birds of the Crimea*, 240 p. (Nauka, M., 1983).
7. Kinda V. V., Beskaravayny M. M., Dyadicheva E. A., Kostin S. Y. and Popenko M. M., Revision of rare, poorly studied and stray species of Passeriformes birds in the Crimea, *Branta: collection of scientific works of the Azov-black sea ornithological station*, **6**, 25 (2003).
8. Tsvelykh A. N., Elements of the avifauna of the Mountainous Crimea in the island artificial forests of the Kerch Peninsula, *Bulletin of Zoology*, **3**, 241 (2006).
9. Artemieva E. A. and Muraviev I. V., *Sympatry of "yellow" Wagtails* (Passeriformes, Motacillidae, Motacillinae): geography, ecology, evolution. Parts 1, 2, (Flint-Nauka, M., 2012), p.152.
10. Beskaravayny M. M., Role and prospects of development of the network of specially protected natural territories important for preserving the ornithological diversity of the Kerch Peninsula (Crimea), *Scientific works of the State Nature Reserve "Prisursky"*, **30**(1), 38 (2015).
11. Popenko V. M. and Tsvelykh A. N., Appearance of the Muscovite *Parus ater* in the fauna of an isolated artificial forest on the Kerch Peninsula, *Russian ornithological journal*, **24**, 1219 (2015).
12. Andryushenko Y. A., Dyadicheva E. A., Grinchenko A. B., Poluda A. M., Popenko V. M., Prokopenko S. P., Chernichko I. I. and Chernichko R. N., On the findings of new and rare bird species in the Crimea, *Russian ornithological journal*, **1459**, 2499 (2017).
13. Kostin S. Y. and Beskaravayny M. M., Annotated list of birds of the Opukskiy Nature Reserve, *Scientific notes of the Cape Martian Nature Reserve*, **2**, 234 (2011).
14. Sikorsky I. A., *Species composition and taxonomic structure of avifauna in the biogeocenoses of GBINR "Opukskiy"*, Sustainable development of specially protected natural territories: proceedings of the II All-Russian scientific and practical conference (Sochi, December 2-4, 2015), (Donizdat, Sochi, 2015), p. 290.
15. Sikorsky I. A. *State of populations of red-book species of avifauna of GBINR "Opukskiy" and its environs*, Sustainable development of specially protected natural territories. Volume 4: Collection of articles of the IV all-Russian scientific and practical conference (November 1-3, 2017, Sochi), (GKI NP "Natural ornithological Park in the Imeretinsky lowlands", (Donizdat, Sochi, 2017), p. 250.
16. Stepanyan L. S., *Synopsis of the ornithological fauna of Russia and neighboring territories* (within the borders of the USSR as a historical region), 808 p. (Akademkniga, M., 2003).
17. Koblik E. A., Redkin Y. A. and Arkhipov V. Y., *List of birds of the Russian Federation*, 256 p. (Association of scientific publications of the CMC, M., 2006).
18. *Red book of the Russian Federation* (animals), / [Chief editor: V. I. Danilov-Danilyan et al.], 862 p. (Ast: Astrel, Moscow, 2001).

19. Order of the Ministry of natural resources and ecology of the Russian Federation of 24.03.2020 No. 162 "on approval of the List of objects of the animal world listed in the Red book of the Russian Federation" (Registered 02.04.2020 No. 57940).
20. *Red book of the Republic of Crimea. Animals I* [Ed. ed. d. b. of medical Sciences, Professor S. P. Ivanov and Dr. A. V. Fateriga], 440 p. (Arial, Simferopol, 2015).
21. Sikorsky I. A., The Current state of the eagles of the Opukskiy Nature Reserve and its surroundings, *Feathered predators and their protection*, 1, 67 (2018).
22. Prokopenko S. P., Beskaravayny M. M., The First case of wintering of the serpent *Circaetus gallicus* in Ukraine, *Russian ornithological journal*, **24**, 1211 (2015).
23. Sikorsky I. A., Modern state of birds of prey of the Opukskiy Nature reserve, *Birds of prey and their protection*, **37**, 49 (2019).
24. Sikorsky I. A. Mediterranean gull (*Larus michahellis*), *Strepet*, **13(2)**, 125 (2015).
25. Sikorsky I. A., The Mediterranean gull *Larus michahellis* – a breeding species of the black sea coast of Crimea, *Russian ornithological journal*, **25 (1326)**, 3069 (2016).
26. Prokopenko S. P., *Observation of the crested cuckoo, Clamator glandarius (Aves, Cuculiformes)*, in the Crimea, **47(2)**, (Bulletin of Zoology, K., 2013), p. 178.
27. Sikorsky I. A. and Artemieva E. A., Wagtails (*Passeriformes: Motacillidae*) Opukskiy Nature Reserve and adjacent territories (Crimea), *Biological diversity: study, conservation, restoration, rational use : materials of the II International scientific and practical conference* (Kerch, May 27-30, 2020), (Arial, Simferopol, 2020), p.184.
28. Sikorsky I. A. Meeting of the grey Redstart *Rhyacornis fuliginosa* in the Crimea, *Russian ornithological journal*, **26(1526)**, 4813 (2017).
29. Sikorsky I. A., Black-Breasted Sparrow *Passer hispaniolensis* – a new breeding species of the Crimean avifauna, *Russian ornithological journal*, **25(1322)**, 2961 (2016).
30. *Chronicle of the Nature Reserve "Opukskiy"*, Comp. I. A. Sikorsky, **7**, 148 p. (Reserve " Opukskiy", Feodosia, 2012).

**УДК 595.773.4:537.531:544.163.3**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-246-255**

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ *DROSOPHILA MELANOGASTER*  
В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ УМЕРЕННОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО  
ЭКРАНИРОВАНИЯ И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Туманянц К. Н., Ярмолюк Н. С., Стельмах И. С.*

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

Доказано, что развитие *Drosophila melanogaster* зависит от  $t^{\circ}$  воздуха, при ее снижении с 22 °С до 18 °С интенсивность окукливания личинок и выход имаго снижается и замедляется на двое суток. При изучении влияния умеренного ферромагнитного экранирования и рентгеновского излучения в дозе 40 Гр на развитие *Drosophila melanogaster* установлено, что умеренное ферромагнитное экранирование при  $t = 18^{\circ}\text{C}$  стимулирует процесс окукливания личинок и выход взрослых особей, в отличие от развития *Drosophila melanogaster* при  $t = 22^{\circ}\text{C}$ . Тогда как рентгеновское излучение с поглощенной дозой в 40 Гр с экспозицией времени в 5 минут приводит к снижению числа окуклившихся личинок и к снижению появления имаго, а также вызывает задержку во времени развития взрослых особей и окуклившихся личинок.

**Ключевые слова:** ферромагнитное экранирование, рентгеновское излучение, дрозофила *Drosophila melanogaster*, окуклившиеся личинки, имаго.

**ВВЕДЕНИЕ**

Вопрос о биологической роли ослабленных электромагнитных полей (ЭМП) является актуальным в связи с тем, что в современной жизни организмы различной степени сложности часто сталкиваются с условиями, в которых естественное ЭМП может экранироваться или искажаться. А исследование влияния ионизирующей радиации на продолжительность жизни ведется уже несколько десятилетий в различных лабораториях мира. Основным компонентом в определении эффектов облучения является индуцированная генетическая нестабильность, на фоне которой возможна реализация разнообразных радиобиологических реакций, приводящих как к стимуляции, так и значимому угнетению жизненно важных функций клетки или организма.

В связи с этим, целью исследования явилось изучение влияния умеренного ферромагнитного экранирования и рентгеновского излучения в дозе 40 Гр на развитие *Drosophila melanogaster*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование изменений плодовитости в условиях экранирования и рентгеновского облучения выполнено на плодовых мушках *Drosophila melanogaster*. В экспериментах использовались мухи чистой линии D18, полученные от кафедры генетики Киевского национального университета имени Т. Шевченко.

Для реализации поставленной цели были проведены две серии эксперимента.

Изначально в пробирку помещалась питательная среда, приготовленная из дрожжей, сахара, манной крупы, пропионовой кислоты, воды и агар-агара. В группах было по 10 пробирок, в которые помещались взрослые особи мух в количестве 1 самки и 1 самца. В эксперименте использовались пробирки с суточной кладкой яиц (после суточного содержания мухи-родители из пробирок удалялись). Кладки наблюдались: от появления первых куколок до прекращения выхода имаго. Все группы насекомых содержались в специальных термобоксах (без доступа света). В первой серии эксперимента температура воздуха составляла 22 °С, во второй серии эксперимента – 18 °С.

Во всех сериях эксперимента закладки в группах делались параллельно друг к другу. Мухи интактной группы (Контроль) находились в стандартных лабораторных условиях. Насекомые второй группы (ЭМЭ) находились 24 часа в сутки в экранируемой камере. Насекомые третьей группы (Х-гау 5') находились после 5 минут облучения в стандартных лабораторных условиях. Облучение проводилось на 2-е сутки от начала закладки родителей – стадия личинки первых суток.

Ослабление фонового ЭМП достигалось применением экранирующей камеры размером 2х3х2 м, изготовленной из двухслойного железа «Динамо». Измерения шумов и постоянной составляющей гипромагнитного поля проводились в лаборатории и внутри экрана. Коэффициент экранирования постоянной составляющей МП, измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составлял по вертикальной составляющей 4,375, по горизонтальной составляющей – 20. Кроме того, в помещении лаборатории и в экранирующей камере были произведены измерения естественного радиационного фона с помощью радиометра бета-гамма излучения РКС-20.03 «Припять». Величина фона составила 10-15 мкР/ч, что соответствует норме. Различий естественного радиационного фона в лаборатории и в экранирующей камере не выявлено [1].

Для облучения насекомых был сконструирован дополнительный модуль к дифрактометру ДРОН-3 для облучения биологических объектов. Рабочим элементом модуля служила трубка рентгеновская 2,1БСВ29-Мо. Модуль позволяет проводить рентгеновское облучение биологических объектов помещенных в пробирки 14×100-120 (диаметр луча ~10 мм), доза полученная мухами составила 40 Гр.

Для проверки достоверности отличий использовался непараметрический метод: критерий Манна-Уитни. Значение асимметрии и эксцесса полученных данных в группах подтверждают не нормальное распределение в них переменных. Сравнение в разных вариантах эксперимента проводили при помощи дисперсионного анализа количественных признаков. Показатель усредняли в каждом варианте опыта. И для каждого среднего рассчитывали статистическую ошибку. Для вычислений использовали программное обеспечение Microsoft Excel и STATISTICA 10 [2].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки воспроизводимости результатов исследования было проведено 2 серии эксперимента в разные сезоны года, когда  $t^{\circ}$  воздуха существенно различалась. Первая серия была проведена при  $t = 22^{\circ}\text{C}$ . Вторая серия эксперимента была проведена при температуре воздуха  $18^{\circ}\text{C}$ .

При более низкой температуре воздуха  $18^{\circ}\text{C}$  развитие личинок происходит медленнее – с 7 по 9 день, при  $t^{\circ}$  воздуха  $22^{\circ}\text{C}$  – с 5 по 7 сутки (рис. 1А). Таким образом, развитие *Drosophila melanogaster* зависит от  $t^{\circ}$  воздуха, при ее снижении интенсивность окукливания личинок снижается.

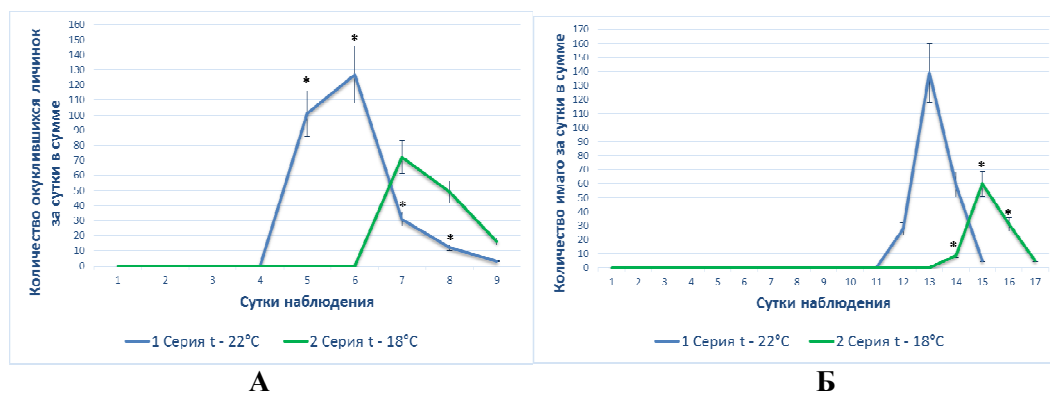


Рис 1. А – Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) окукливания личинок у интактных животных при различной температуре воздуха; Б – динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) выхода имаго у интактных животных при различной температуре воздуха.

Примечание: \* – различия достоверны между данными, полученными у животных сравниваемых групп (\* –  $p < 0,05$ ).

Выход взрослых особей при более низкой температуре воздуха  $18^{\circ}\text{C}$ , как и развитие личинок, происходит медленнее (с 14 по 16 день), тогда как при  $t^{\circ}$  воздуха  $22^{\circ}\text{C}$  – с 12 по 14 сутки (рис. 1Б). Таким образом, выход имаго *Drosophila melanogaster*, как и период окукливания, также зависит от  $t^{\circ}$  воздуха. При ее снижении интенсивность выхода взрослых особей снижается.

Из проведенных двух серий экспериментов можно утверждать, что развитие *Drosophila melanogaster* зависит от  $t^{\circ}$  воздуха, при ее снижении с  $22^{\circ}\text{C}$  до  $18^{\circ}\text{C}$  интенсивность окукливания личинок и выход имаго снижается на 45 % ( $p < 0,05$ ) и 50 % ( $p < 0,05$ ) соответственно, и замедляется на двое суток.

#### Изменение динамики развития *Drosophila Melanogaster* в условиях электромагнитного экранирования

Анализируя влияние ЭМЭ на развитие *Drosophila Melanogaster* отмечено, что в первой серии эксперимента в динамике окукливания личинок и появления имаго достоверных отличий не обнаружено.



Тогда как во второй серии эксперимента в условиях ЭМЭ установлено: пик окукливания пришелся на седьмые сутки в обеих группах, различий при уровне достоверности между группами ( $p < 0,05$ ) не обнаружено. На 8-е сутки пришелся спад окукливания, в среднем окуклившихся личинок было  $6 \pm 1,5$  на пробирку, тогда как в группе ЭМЭ было на 21 % ( $p < 0,05$ ) больше куколок в отличие от контрольной группы (рис. 2А).

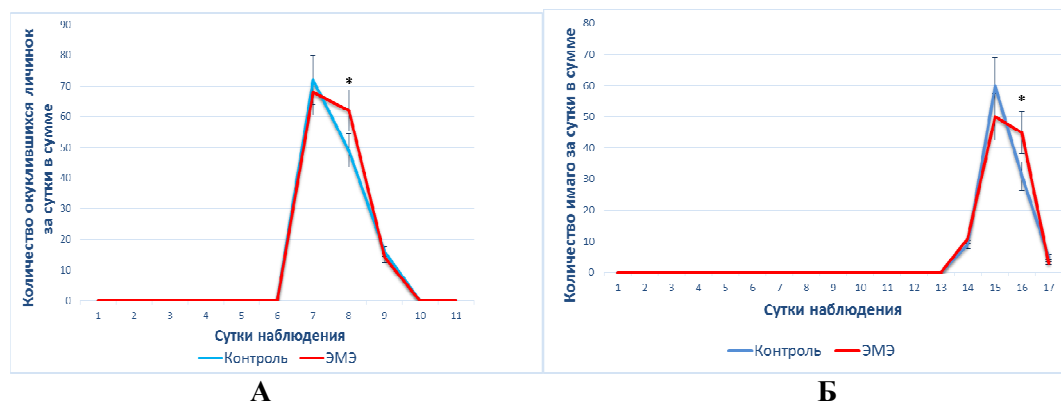


Рис. 2. А – динамика ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) окукливания личинок в условиях ЭМЭ при  $t = 18^\circ\text{C}$ ; Б – динамика ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ ) появления имаго в условиях ЭМЭ при  $t = 18^\circ\text{C}$   
Примечание: \* – различия достоверны между данными, полученными у животных контрольной группы, и при воздействии ЭМЭ (\* –  $p < 0,05$ ).

Во второй серии эксперимента первые имаго в исследуемых группах появились на 14-е сутки наблюдения, а на 15-е сутки пришелся пик их появления, когда количество имаго составляло  $5 \pm 0,6$  на пробирку, однако различия в эти сутки исследования были статистически не достоверны. На 16-й день произошел спад во всех группах, где в группе ЭМЭ на 30 % ( $p < 0,05$ ) имаго было больше, чем в контрольной группе.

Таким образом умеренное ферромагнитное экранирование во второй серии эксперимента при  $t = 18^\circ\text{C}$  стимулирует процесс окукливания личинок на 8-е сутки на 21 % ( $p < 0,05$ ) и выход взрослых особей на 16-е сутки на 30 % в отличие от первой серии при  $t = 22^\circ\text{C}$ , когда достоверных изменений не было обнаружено (рис. 2). Но в обеих сериях эксперимента ЭМЭ не влияет на суммарное количество окуклившихся личинок и выход имаго.

#### *Изменение динамики развития Drosophila Melanogaster в условиях рентгеновского излучения*

В первой серии эксперимента окуклившиеся личинки после облучения начинали появляться на 5-е сутки наблюдения, но стоит отметить, что в группе X-ray 5' было на 13 % меньше окуклившихся личинок, чем в контроле, однако эти данные статистически не достоверны. На шестые сутки пришелся пик окукливания в контрольной группе –  $9 \pm 1,5$  на пробирку, где количество окуклившихся личинок в

группе X-ray 5' было уже на 28 % ( $p < 0,05$ ) меньше по сравнению с контролем. После чего в группах произошел спад окукливания, когда в группе X-ray 5' было куколок меньше на 55 % ( $p < 0,05$ ), чем в контрольной группе (рис. 3).

Следует отметить, что в общей сумме по количеству окуклившихся личинок выявлено, что в группе X-ray 5' в первой серии эксперимента на 26 % меньше окуклилось личинок, чем в контроле.

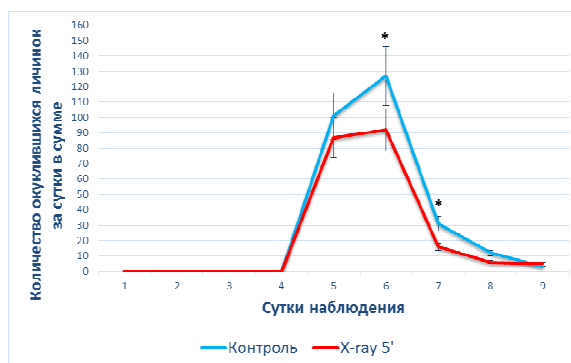


Рис. 3. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) окукливания личинок после рентгеновского облучения при  $t = 22^\circ\text{C}$

Примечание: \* – различия достоверны между данными, полученными у животных контрольной группы, и после воздействия X-ray 5' (\* –  $p < 0,05$ ).

Анализируя вторую серию эксперимента в группе X-ray 5' наблюдалось отставание на 1 сутки от контроля в окукливании личинок на протяжении всего наблюдения. Так, пик окукливания личинок в облученной группе пришелся на 8-е сутки исследования ( $6 \pm 1$  на пробирку) с отставанием в развитии и количестве куколок.

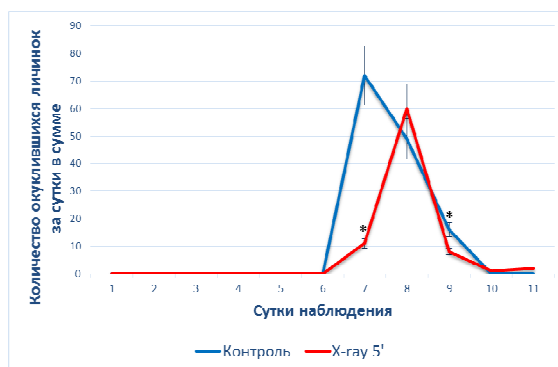


Рис. 4. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) окукливания личинок после рентгеновского облучения при  $t = 18^\circ\text{C}$

Примечание: \* – различия достоверны между данными, полученными у животных контрольной группы, и после воздействия X-ray 5' (\* –  $p < 0,05$ ).

Достоверные различия наблюдались в окукливании личинок на 7-е и 9-е сутки эксперимента, когда в группе X-ray 5' было на 85 % ( $p < 0,05$ ) и 50 % ( $p < 0,05$ ) соответственно меньше личинок, чем в контроле (рис. 4).

Кроме того, в общей сумме по количеству окуклившихся личинок выявлено, что в группе X-ray 5' во второй серии эксперимента на 40 % меньше окуклилось личинок, чем в контроле.

Анализируя динамику появления взрослых особей после воздействия рентгеновским облучением можно отметить, что в первой серии эксперимента первые имаго появились в группе X-ray 5' на двенадцатые сутки наблюдения. В первый день в выходе имаго в группе X-ray 5' наблюдалось отставание от контроля на 86 % ( $p < 0,05$ ). Пик появления имаго пришелся на 13 сутки наблюдения –  $10 \pm 1$  на пробирку, где куколок было на 30 % ( $p < 0,05$ ) меньше, чем в контрольной группе (рис. 5).

Следует отметить, что в общей сумме в первой серии эксперимента в группе X-ray 5' вышло на 28 % меньше имаго, чем в контроле.

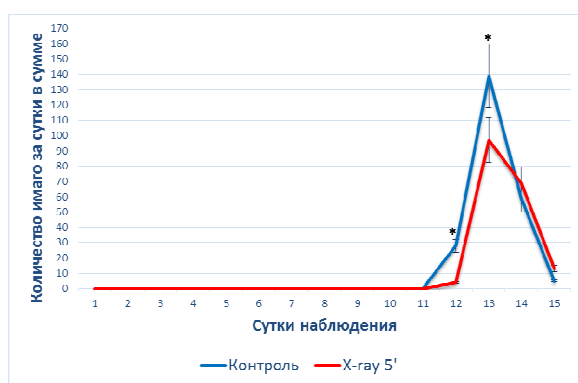


Рис. 5. Динамика ( $\bar{x} \pm S \bar{x}$ ) появления имаго после рентгеновского облучения при  $t - 22^\circ\text{C}$

*Примечание:* \* – различия достоверны между данными, полученными у животных контрольной группы, и после воздействия X-ray 5' (\* –  $p < 0,05$ ).

Во второй серии эксперимента в группе X-ray 5' наблюдалось отставание на 1 сутки от контроля в появлении имаго на протяжении всего наблюдения. На 15 сутки наблюдения в группе X-ray 5' было на 85 % ( $p < 0,05$ ) меньше личинок, чем в контроле, где в эти сутки отмечен пик в развитии особей. Тогда как в облученной группе пик пришелся на 16 сутки, когда количестве имаго превышало таковые на 48 % ( $p < 0,05$ ) относительно данных контрольной группы, однако в это время в контроле уже отмечен спад в динамике появления имаго (рис. 6).

Кроме того выявлено, что в общей сумме в группе X-ray 5' во второй серии эксперимента вышло на 43 % меньше имаго, чем в контроле.

Из проведенных двух серий экспериментов можно утверждать, что рентгеновское облучение приводило к снижению числа окуклившихся личинок и появления имаго. Кроме того наблюдалась задержка во времени окукливания личинок и образовании взрослых особей.

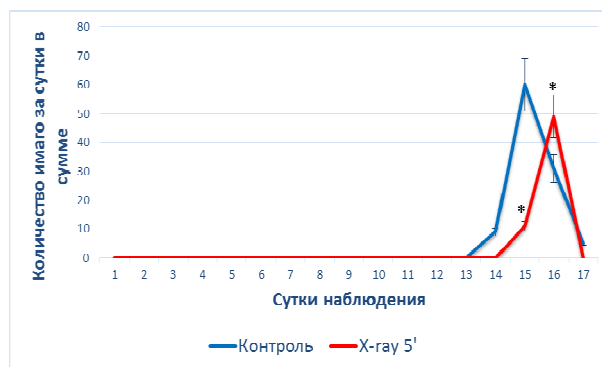


Рис. 6. Динамика ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ ) появления имаго после рентгеновского облучения при  $t = 18^\circ\text{C}$

Примечание: \* – различия достоверны между данными, полученными у животных контрольной группы, и после воздействия X-ray 5' (\* –  $p < 0,05$ ).

Таким образом, развитие *Drosophila melanogaster* в условиях умеренного ферромагнитного экранирования и действия рентгеновского излучения характеризуется изменением процессов окукливания и появления имаго.

Согласно литературным данным благодаря *Drosophila melanogaster* были проведены исследования в области влияния электромагнитных полей на живые организмы. Однако полученные результаты очень часто приводили к неоднозначным выводам. В 1985 году руководитель группы Хэмнериусом не наблюдал изменений в глазной пигментации при влиянии высокочастотных электромагнитных полей, ни генетических изменений, влияющих на смертность у *Drosophila melanogaster* [3]. С другой стороны, в 1988 году Сима и Томура наблюдала определенные генные изменения, которые затронули форму крыла [4]. В 1995 году Коан и др. описал эффект влияния магнитных полей на росте митотических перекомбинаций [5]. Однако исследование, проводимое в 1993 году Кикучи и др., не сообщило ни о каких изменениях, о воздействиях электромагнитных полей чрезвычайно низких частот [6], тогда как в 1995 году команда Нгуена сообщила, что воздействие магнитных полей на эмбрионы приводит к неправильному развитию *Drosophila melanogaster* [7].

Коллектив авторов (Варенцова Е. Р. и др.) в 1985 г. исследовали у радиочувствительной линии дрозофилы 201 G1 плодовитость после облучения самок и частоту доминантных летальных мутаций  $\gamma$ -лучами. Выяснено, что дозы  $\gamma$ -лучей, превышающие 10 Гц, оказывают сильное стерилизующее действие на мутантных самок и повышение смертности мух после облучения [8]. Далее в 1986 г. Моссэ И. Б. и Савченко В. К. изучали плодовитость и жизнеспособность экспериментальных популяций дрозофилы при рентгеновском облучении и воздействии пигмента меланина на протяжении 55 поколений. Результаты исследований показали, что жизнеспособность особей в облученных популяциях в среднем ниже, чем в контрольных. Плодовитость при облучении вначале снижается, затем повышается, превосходя уровень в контроле. Добавление меланина в

питательную среду оказывает благоприятное воздействие на оба показателя как в облученных, так и в контрольных популяциях [9]. В период с 1993 по 1995 гг. коллективом авторов (Ратнер В.А. и др.) в изогенной линии *Drosophila melanogaster* были изучены дозы  $\gamma$ -облучения, которые вызывают ряд мутаций. Получены результаты о зависимости уровня дозы к количеству возникших мутаций в двух поколениях [10]. В 1962 г. ученые показали возможность использования *Drosophila melanogaster* в изучении генетических эффектов облучения в малых дозах [11]. Полученная при облучении в дозе 0.2 Гр частота рецессивных сцепленных с полом летальных мутаций (РСПЛМ) превышала контрольный уровень в 2–4 раза. Сегодня большинство исследований свидетельствуют о высокой генетической эффективности облучения в малых дозах.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Развитие *Drosophila melanogaster* зависит от  $t^{\circ}$  воздуха, при ее снижении с 22  $^{\circ}$ C до 18  $^{\circ}$ C интенсивность окукливания личинок и выход имаго снижается на 45 % ( $p < 0,05$ ) и 50 % ( $p < 0,05$ ) соответственно, и замедляется на двое суток.
2. В условиях умеренного ферромагнитного экранирования в первой серии эксперимента достоверных изменений не обнаружено, тогда как во второй серии при  $t = 18^{\circ}$ C ЭМЭ стимулирует процесс окукливания личинок на 8-е сутки на 21 % ( $p < 0,05$ ), а выход взрослых особей на 16-е сутки на 30 % ( $p < 0,05$ ) в отличие от развития *Drosophila melanogaster* в контрольной группе. Однако в обеих сериях ЭМЭ не влияет на суммарное количество окуклившихся личинок и выхода имаго.
3. В первой серии эксперимента рентгеновское облучение с поглощенной дозой в 40 Гр и экспозицией времени 5 минут приводит к снижению числа окуклившихся личинок на 6 и 7-е сутки развития на 28 % ( $p < 0,05$ ) и 55 % ( $p < 0,05$ ) соответственно, и к снижению появления имаго на 12 и 13-е сутки на 86 % ( $p < 0,05$ ) и 30 % ( $p < 0,05$ ) соответственно относительно данных контрольной группы. Тогда как во второй серии эксперимента снижение числа окуклившихся личинок отмечено на 7 и 9-е сутки на 85 % ( $p < 0,05$ ) и 50 % ( $p < 0,05$ ) соответственно, а снижение появления имаго на 15-е сутки – на 85 % ( $p < 0,05$ ) относительно контроля. Также рентгеновское облучение вызывает задержку во времени окукливания личинок и образования взрослых особей.

*Работа выполнена на базе ЦКП «Экспериментальная физиология и биофизика» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»*

### Список литературы

1. Богатина Н. И. Метод получения крайне слабых постоянного магнитного и электрического полей и хорошо воспроизводимого комбинированного магнитного поля для биологических исследований / Н. И. Богатина [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2010. – Т. 23 (62), № 2. – С. 54–65.
2. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.

3. Muller H. J. Further studies on the nature and causes of gene mutations / H. J. Muller // Proc. of the 6th Int. Congr. of Genetics. – 1932. – Vol. 1. – P. 213–255.
4. Servomaa K. UV light and ionizing radiations cause programmed death of rat chlorleukemia cells by inducing retropositions of a mobile DNI ' element (LIRn) / K. Servomaa, T. Rytomaa // Intm. J. Radiat. Biol. – 1990. – Vol. 57, № 2. – P. 331–343.
5. Malpel S. Circadian synchronization and rhythmicity in larval photoperception-defective mutants of *Drosophila* / S. Malpel, A. Klarsfeld, F. Rouyer // Journal of Biological Rhythms. – 2004. – Vol. 19. – P. 10–21.
6. Kikuchi T. Multigeneration exposure test of *Drosophila melanogaster* to ELF alternating magnetic fields / T. Kikuchi [et al.] // Bioelectromagnetics. – 1998. – Vol. 19, № 6. – P. 335–340.
7. Zhang B. Exposure to hypomagnetic field space for multiple generations causes amnesia in *Drosophila melanogaster* / B. Zhang [et al.] // Neuroscience Letters. – 2004. – Vol. 371. – P. 190–195.
8. Вайсман Н. Я. Сигнальные пути клеток в онтогенезе животных на примере Notch каскада у *Drosophila melanogaster* / Н. Я. Вайсман // Журн. общ. биологии. – 2004. – Т. 65(4). – С. 322–333.
9. Мглинец В. А. Время действия генов в онтогенезе дрозофилы / В. А. Мглинец, В. И. Иванов // Онтогенез. – 1977. – Т. 8, № 2. – С. 183.
10. Романовский Ю. М. Математическая биофизика / Ю. М. Романовский, Н. В. Степанова, Д. С. Чернавский. – М. : Наука, 1984. – 304 с.
11. Голубовский М. Д. Добжанский в двух мирах / М. Д. Голубовский // Информационный вестник ВОГиС. – 2006. – № 12. – С. 9–15.

**PECULIARITIES OF THE DEVELOPMENT OF *DROSOPHILA*  
*MELANOGASTER* UNDER CONDITIONS OF MODERATE FERROMAGNETIC  
SHIELDING AND X-RAY RADIATION ACTION**

*Tumanyants K. N., Yarmolyuk N. S., Stelmakh I. S.*

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

The question of the biological role of weakened electromagnetic fields (EMF) is relevant due to the fact that in modern life, organisms of varying degrees of complexity often face conditions in which the natural EMF can be shielded or distorted. And the study of the influence of ionizing radiation on life expectancy has been conducted for several decades in various laboratories around the world. The main component in determining the effects of radiation exposure is induced genetic instability, against the background of which it is possible to implement a variety of radiobiological reactions that lead to both stimulation and significant suppression of vital functions of the cell or body. In this regard, the aim of the study was to investigate the effect of moderate ferromagnetic shielding and 40 Gy X-ray radiation on the development of *Drosophila melanogaster*.

Two series of experiments were carried out to achieve the goal. Initially, the nutrient medium prepared from yeast, sugar, semolina, propionic acid, water, and agar-agar was placed in the test tube. In groups there were 10 test tubes each, in which adult flies in number of 1 female and 1 male were placed. In the experiment, tubes with daily egg-laying were used (after the daily content of parent flies were removed from the tubes). Clutches were observed: from the appearance of the first pupae to the end of adults' release. All groups of insects were kept in special thermoboxes (without light access). In

the first series of the experiment the air temperature was 22 °C, in the second series of the experiment – 18 °C.

The development of *Drosophila melanogaster* depends on t° air, with its decrease from 22 °C to 18 °C, the intensity of pupation of larvae and the yield of adults decreases by 45 % (p<0,05) and 50 % (p<0,05), respectively, and slows down by two days. In conditions of moderate ferromagnetic shielding in the first series of the experiment no reliable changes were found, while in the second series at t = 18 °C EME stimulates the process of pupation of larvae on the 8th day by 21 % (p<0,05), and the yield of adults on the 16th day by 30 % (p<0,05) in contrast to the development of *Drosophila melanogaster* in the control group. However, in both series EMEs do not affect the total number of pupated larvae and the yield of adults. In the first series of the experiment, X-ray irradiation with 40 Gy absorbed dose and 5-minute exposure leads to 28 % (p<0,05) and 55 % (p<0,05) decrease in the number of pupated larvae on the 6th and 7th days of development, respectively, and to 86 % (p<0,05) and 30 % (p<0,05) decrease in adults appearance on the 12th and 13th days, respectively, in comparison with the control group data. Whereas, in the second series of the experiment the number of pupated larvae decreased by 85 % (p<0,05) and 50 % (p<0,05) respectively on the 7th and 9th days, and the number of adults decreased by 85 % (p<0,05) relatively to the control data. Also X-ray irradiation causes delay in time of pupation of larvae and formation of adults.

**Keywords:** ferromagnetic shielding, X-ray radiation, *Drosophila melanogaster*, pupated larvae, imago.

#### References

1. Bogatina N. I. The method of obtaining extremely weak permanent magnetic and electric fields and a well reproducible combined magnetic field for biological research, *Scientists of the V.I. Vernadsky Tauride National University*, **23(62)**, **2**, 54 (2010).
2. Lapach S. N., Chubenko A. V., Babich P. N. *Statistical methods in medical and biological research using Excel*, 319 p. (K.: Modmon, 2000).
3. Muller H. J. Further studies on the nature and of gene mutations, *Proc. of the 6th Int. Congr. of Genetics.*, **1**, 213 (1932).
4. Servomaa K., Rytomaa T. UV light and ionizing radiations cause programmed death of rat chlorleukemia cells by inducing retropositions of a mobile DNI ' element (LIRn), *Intm. J. Radiat. Biol.*, **57**, **2**, 331 (1990).
5. Malpel S., Klarsfeld A., Rouyer F. Circadian synchronization and rhythmicity in larval photoperception-defective mutants of *Drosophila*, *Journal of Biological Rhythms.*, **19**, 10 (2004).
6. Kikuchi T. [et al.] Multigeneration exposure test of *Drosophila melanogaster* to ELF alternating magnetic fields, *Bioelectromagnetics*, **19**, **6**, 335 (1998).
7. Zhang B. Exposure to hypomagnetic field space for multiple generations of amnesia in *Drosophila melanogaster*, *Neuroscience Letters.*, **371**, 190 (2004).
8. Weisman N. Ya. Signal cell pathways in animal ontogenesis on the example of Notch cascade in *Drosophila melanogaster*, *Journal of Biology.*, **65(4)**, 322 (2004).
9. Mglinets V. A., Ivanov V.I. Time of action of genes in ontogenesis of drosophila (in Russian), *Ontogenesis*, **8**, **2**, 183 (1977).
10. Romanovsky Yu. M., Stepanova N. V., Chernavskii D. S. *Mathematical Biophysics* (in Russian), 304 p. (Moscow: Nauka, 1984).
11. Golubovsky M. D. Dobzhansky in Two Worlds, *VOGIS Newsletter.*, **12**, 9 (2006).

**УДК 547.814.1:615.28**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-256-261**

## **АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ 3-АРИЛИМИНОМЕТИЛХРОМОНОВ**

*Хаева О. Э.<sup>1</sup>, Икоева Л. П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова», Владикавказ, РСО-Алания, Россия*

<sup>2</sup>*Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра Российской академии наук, с. Михайловское, РСО-Алания, Россия  
E-mail: oksana\_haeva@mail.ru*

Представлены материалы изучения уровня антибактериальной активности 3-арилиминометилхромон в отношении штаммов *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*. Исследуемые соединения активнее антибактериального препарата из группы сульфаниламидов – норсульфазола по отношению к болезнетворным штаммам *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*. Невысокую бактериостатическую активность синтезированные соединения проявляют по отношению к штамму *Pseudomonas aeruginosa*. Экспериментальные исследования показали, что природа и положение заместителей в структуре 3-арилиминометилхромон влияет на их антибактериальную активность в отношении штаммов грамположительных бактерий *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*, штамма грамотрицательных бактерий: *Escherichia coli*.

**Ключевые слова:** 3-арилиминометилхромон, антибактериальная активность, антибиотики, штамм *Staphylococcus aureus*, штамм *Bacillus subtilis*, штамм *Escherichia coli*, штамм *Pseudomonas aeruginosa*.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время основным методом борьбы с патогенными и условно-патогенными бактериями – возбудителями инфекционных заболеваний является использование различных групп химиотерапевтических препаратов с выраженной антибактериальной активностью, наиболее эффективными из которых по-прежнему остаются природные антибиотики и их синтетические аналоги. К сожалению, повсеместно применяемая антибиотикотерапия имеет ряд негативных последствий, одно из которых проявляется в формировании множественной лекарственной устойчивости микроорганизмов к еще недавно успешно применяемым лекарственным препаратам [1]. В связи с этим поиск новых химиотерапевтических средств, обладающих выраженным бактерицидным или бактериостатическим эффектом, по-прежнему сохраняет свою актуальность. При разработке и получении химиотерапевтических препаратов новых поколений перспективным является химическая модификация различных органических соединений с защищенными от воздействия бактериальных энзимов активными радикалами, что позволяет расширить спектр их действия для решения проблемы резистентности.



Цель данной работы – изучение уровня антибактериальной активности 3-арилиминометилхромон в отношении штаммов *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* как наиболее характерных представителей грамположительных и грамотрицательных бактерий.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе исследования был испытан ряд новых синтетических веществ с предполагаемыми антибактериальными свойствами – 3-арилиминометилхромон (рис. 1), полученных по методике, представленной в работе [2]. Производные хромона, обладающие высоким спектром фармакологической активности, находят широкое применение в медицинской практике в качестве мембраностабилизирующих, антибактериальных, противовоспалительных, кардиопротекторных, антиоксидантных средств [2-4].

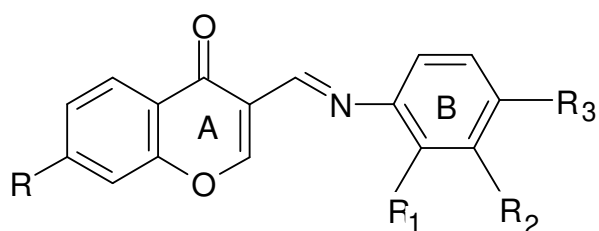


Рис. 1. Общая структурная формула 3-арилиминометилхромон, где  
 G<sub>1</sub>: R= R<sub>1</sub>= R<sub>2</sub>=H, R<sub>3</sub>=Br; G<sub>2</sub>: R= R<sub>1</sub>= R<sub>2</sub>=H, R<sub>3</sub>=SO<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>;  
 G<sub>3</sub>: R= R<sub>2</sub>= R<sub>3</sub>=H, R<sub>1</sub>=COOH; G<sub>4</sub>: R= R<sub>1</sub>=H, R<sub>2</sub>= OH, R<sub>3</sub>=COOH;  
 G<sub>5</sub>: R= R<sub>1</sub>=R<sub>3</sub>=H, R<sub>2</sub>=NO<sub>2</sub>; G<sub>6</sub>: R= OAc, R<sub>1</sub>= R<sub>2</sub>=H, R<sub>3</sub>=COOH;  
 G<sub>7</sub>: R= OAc, R<sub>1</sub>=COOH, R<sub>2</sub>= R<sub>3</sub>=H; G<sub>8</sub>: R= OAc, R<sub>1</sub>= R<sub>2</sub>=H, R<sub>3</sub>=Br;  
 G<sub>9</sub>: R= OAc, R<sub>1</sub>= R<sub>2</sub>=H, R<sub>3</sub>=SO<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>; G<sub>10</sub>: R= OAc, R<sub>1</sub>= R<sub>3</sub>=H, R<sub>2</sub>=NO<sub>2</sub>.

Структура синтезированных соединений установлена на основании данных элементного анализа, ИК и ПМР спектроскопии.

В качестве тест-объектов при исследовании антимикробной активности 3-арилиминометилхромон использовали штаммы представителей грамположительных бактерий: *Staphylococcus aureus* 209p, *Staphylococcus aureus* (Макаров), *Bacillus subtilis* L – 2; грамотрицательных бактерий: *Escherichia coli* F-50, *Pseudomonas aeruginosa* 9027. Бактериостатическое действие исследуемых веществ исследовали по общепринятой в микробиологии методике – методом серийных разведений в жидкой питательной среде - мясо-пептоном бульоне [4, 5] нагрузке 300000 микробных тел в 1 мл. Результаты эксперимента учитывали после инкубации при температуре 37 °С через 24 ч. Наименьшую концентрацию соединения, задерживающую рост микроорганизмов, принимали за минимальную подавляющую концентрацию (МПК)

В качестве эталона сравнения использовали применяемый в медицинской практике антибактериальный препарат из группы сульфаниламидов – норсульфазол.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования антибактериальной активности 3-арилиминометилхромонов представлены в таблице 1.

В результате проведенного исследования было выявлено, что наиболее высокую чувствительность к исследуемым соединениям проявляют грамположительные бактерии: *St. aureus* при росте на жидкой питательной среде. При инкубации штаммов *Staphylococcus aureus* на мясо-пептоном бульоне с 7-ацетокси-3-(*n*-бромфенил)-иминометилхромоном (соединение G<sub>8</sub>) визуально отмечалась наибольшая прозрачность бактериальной взвеси по сравнению с контролем. Минимальные подавляющие концентрации наиболее активных веществ в отношении к штаммам *St. aureus* составляет для соединения (G<sub>8</sub>) – 10 мкг/мл и для соединений (G<sub>1</sub>, G<sub>9</sub>) – 20 мкг/мл. Другие соединения (G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, G<sub>4</sub>, G<sub>5</sub>, G<sub>6</sub>, G<sub>7</sub>, G<sub>10</sub>) проявляют меньшую ингибирующую активность по отношению исследуемым штаммам *Staphylococcus aureus*, МПК – от 40 мкг/мл и выше. Наиболее высокую антибактериальную активность по отношению к спорообразующим бактериям *Bacillus subtilis* выявлено для соединений (G<sub>1</sub>, G<sub>8</sub>) (МПК – 20 мкг/мл). Соединения (G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, G<sub>4</sub>, G<sub>5</sub>, G<sub>6</sub>, G<sub>7</sub>, G<sub>9</sub>, G<sub>10</sub>) в отношении споровых бактерий проявляют невысокую бактериостатическую активность (МПК составляют от 80 мкг/мл до 320 мкг/мл).

**Таблица 1**  
Минимальная подавляющая концентрация 3-арилиминометилхромонов

Шифр соединения	Минимальная подавляющая концентрация соединения, мкг/мл				
	<i>St. aureus</i> 209p	<i>St. aureus</i> (Макаров)	<i>B. subtilis</i> L-2	<i>E. coli</i> F-50	<i>Ps. aeruginosa</i> 9027
G <sub>1</sub>	20	20	20	80	>320
G <sub>2</sub>	40	320	320	40	>320
G <sub>3</sub>	80	80	160	80	>320
G <sub>4</sub>	80	40	80	160	>320
G <sub>5</sub>	40	40	80	160	>320
G <sub>6</sub>	40	40	80	80	>320
G <sub>7</sub>	160	80	160	80	>320
G <sub>8</sub>	10	10	20	40	>320
G <sub>9</sub>	20	20	160	40	>320
G <sub>10</sub>	80	40	160	160	>320
Норсульфазол	40	40	40	40	Не активен

3-арилиминометилхромоны проявляют невысокую бактериостатическую активность в отношении грамотрицательных бактерий *E. coli* F-50 (МПК составляет от 80 мкг/мл до 320 мкг/мл) и *Ps. aeruginosa* 9027 (МПК – выше 320 мкг/мл). Соединения (G<sub>2</sub>, G<sub>8</sub>, G<sub>9</sub>) губительно действуют в отношении штамма *E. coli* (МПК составляет 40 мкг/мл).

Представленные данные свидетельствуют о том, что высокое бактериостатическое действие 3-арилиминометилхромон (G<sub>1</sub>, G<sub>8</sub>, G<sub>9</sub>) в отношении штаммов грамположительных бактерий: *Staphylococcus aureus* и *Bacillus subtilis*, штамма грамотрицательных бактерий: *Escherichia coli*, обусловлено содержанием в их структуре нескольких фармакофорных групп. Соединения (G<sub>8</sub>, G<sub>9</sub>), содержащее электронодонорную группу (ацетоксигруппа) в положении 7 хромонного кольца (кольцо А), проявляют наибольшую бактериостатическую активность по отношению к штаммам *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, что обусловлено формированием единой цепи сопряжения за счет стабилизацией плоскостной ориентации кольца «А», достигаемое за счет удлинения внутренней цепи сопряжения. Введение брома в положение 4' фрагмента В существенно усиливает антибактериальную активность (антистафилакокковую активность).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлено, что 3-арилиминометилхромоны активнее антибактериального препарата из группы сульфаниламидов – норсульфазола по отношению к болезнетворным штаммам *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*. Невысокую бактериостатическую активность синтезированные соединения проявляют по отношению к штамму *Pseudomonas aeruginosa*. Экспериментальные исследования показали, что природа и положение заместителей в структуре 3-арилиминометилхромон влияет на их антибактериальную активность в отношении штаммов *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*.

### Список литературы

1. Супотницкий М. В. Механизмы развития резистентности к антибиотикам у бактерий / М. В. Супотницкий // Биопрепараты. – 2011. – № 2. – С. 4–11.
2. Хаева О. Э. Синтез и электрохимические реакции фармакологически активных производных бенз-γ-пирона: автореферат дис. ... кандидата химических наук / О. Э. Хаева – Краснодар, 2001. – 21 с.
3. Икоева Л. П. 7-Ацетокси-3-(N-бромфенил)-иминометилхромон, обладающий антибактериальной активностью: пат. 2186777 Рос. Федерация: МПК<sup>51</sup>: C07D311/22, A61K31/352, A61P31/04/ Икоева Л. П., Хаева О. Э., Люткин Н. И.; заявитель и патентообладатель Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного сельского хозяйства. – № 2000131803/04; заяв. 18.12.2000; опубл. 10.08.2002, Бюл. № 22.
4. Хаева О. Э. 4-Иминометил-3-(7-ацетоксихромон-3-ил)-бензойная кислота, обладающая антибактериальной активностью: пат. 2404174 Рос. Федерация: МПК<sup>51</sup>: C07D 311/22, A61K 31/352, A61P 31/04. / Хаева О. Э., Цалиев А. Б. – № 2008148425/04; заявл. 08.12.2008; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32.
5. Ведьмина Е. А. Руководство по микробиологии, клинике и эпидемиологии инфекционных болезней / Е. А. Ведьмина, Н. М. Фурер. – М.: Медицина, 1964. – Т.1 – С. 670–675.
6. Першин Г. Н. Методы экспериментальной химиотерапии / Под ред. Г. Н. Першина. – М.: Медицина, 1971. – С. 507–533.

## ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF 3-ARYLIMINOMETHYLCHROMONES

*Khaeva O. E.<sup>1</sup>, Ikoeva L. P.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*FSBEI HE North Ossetian State University named after Kosta Levanovich Khetagurov, Vladikavkaz, Russia*

<sup>2</sup>*Federal Agency of Scientific Organizations North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture, RAS, village Mikhaylovskoye, Russia*  
*E-mail: oksana\_haeva@mail.ru*

In conditions of multiple drug resistance of microorganisms to recently used drugs, the search for new chemotherapeutic agents with a pronounced bactericidal or bacteriostatic effect with low toxicity and teratogenicity remains relevant. Chromone derivatives with a wide spectrum of pharmacological activity (membrane-stabilizing, antiviral, antibacterial, anti-inflammatory, cardioprotective, antioxidant) are promising compounds for the search for new generation chemotherapeutic drugs.

As a result of the study, it was found that gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus* shows the highest sensitivity to the studied compounds when growing on a liquid nutrient medium. The studied compounds are also active against pathogenic strains of *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*. The minimum inhibitory concentration (IPC) of the most active substances in relation to *St. strains aureus* is 10 µg/ml for 7-acetoxy-3-(*p*-bromophenyl)iminomethylchromone, and for 3-(*p*-bromophenyl)-iminomethylchromone and 7-acetoxy-3-(*p*-sulfamidophenyl)iminomethylchromone – 20 µg/ml. For 7-acetoxy-3-(*p*-bromophenyl)iminomethylchromone and 3-(*p*-bromophenyl)iminomethylchromone, a high antibacterial activity was revealed with respect to the spore-forming bacteria *Bacillus subtilis* – MPC – 20 µg / ml. The synthesized compounds exhibit a low bacteriostatic activity with respect to the *Pseudomonas aeruginosa* strain.

Experimental studies have shown that the nature and position of substituents in the structure of 3-aryliminomethylchromones affects their antibacterial activity against strains of gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus* and *Bacillus subtilis*, a strain of gram-negative bacteria: *Escherichia coli*. The presence in the series of synthesized 3-aryliminomethylchromones of compounds with high bacteriostatic activity at the level of an antibacterial drug from the group of sulfonamides – norsulfazole was established.

**Keywords:** 3-aryliminomethylchromone, antibacterial activity, antibiotics, *Staphylococcus aureus* strain, *Bacillus subtilis* strain, *Escherichia coli* strain, *Pseudomonas aeruginosa* strain.

### References

1. Supotnitsky M. V. Mechanisms for the development of antibiotic resistance in bacteria, *Biological products*, 2, 4 (2011).
2. Khaeva O. E. Synthesis and electrochemical reactions of pharmacologically active derivatives of benz- $\gamma$ -pyrone, *abstract ... candidate of chemical sciences*, 21 (2001).
3. Ikoeva L. P., Khaeva O. E., Lyutkin N. I. 7-Acetoxy-3-(*N*-bromophenyl)-iminomethylchromone, possessing antibacterial activity, Pat. 2186777 Ros. Federation IPC51 C07D311 / 22, A61K31 / 352, A61P31 / 04/ Ikoeva L. P., Khaeva O. E., Lyutkin N. I.; Applicant and patent holder North Caucasian

- Research Institute of Mining and Piedmont Agriculture. - No. 2000131803/04; application 12/18/2000; publ. 08/10/2002, Bull. Number 22.
4. Khaeva O. E., Tsaliev A. B. 4-Iminomethyl-3-(7-acetoxychromon-3-yl)-benzoic acid, which has antibacterial activity, Pat. 2404174 ROS. Federation IPC51 C07D 311/22, A61K 31/352, A61P 31/04. / Khaeva O. E., Tsaliev A. B. – No. 2008148425/04; declared 12/08/2008; publ. 11/20/2010, Bull. Number 32.
  5. Vedmina E. A., Furer N. M. Guide to microbiology, clinic and epidemiology of infectious diseases, *publ. of the Medicine*, **1**, 670 (1964).
  6. Pershin G. N. Methods of experimental chemotherapy, *publ. of the Medicine*, 530 (1971).

**УДК 612.159:615.3**

**DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-3-262-274**

**ОЦЕНКА АНАЛЬГЕТИЧЕСКОЙ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ  
АКТИВНОСТИ АДДУКТА 1-ГИДРОКСИ-1,1-ЭТИЛИДЕНДИФОСФОНОВОЙ  
КИСЛОТЫ И БИС(2-ПИРИДИЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛИЛ-3)ПРОПАНА ПРИ  
КУРСОВОМ ВВЕДЕНИИ У САМЦОВ КРЫС**

*Черетаев И. В., Раваева М. Ю., Чуюн Е. Н., Шульгин В. Ф.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: cheretaev86@yandex.ru*

В статье представлены результаты оценки анальгетической и противовоспалительной активности аддукта 1-гидрокси-1,1-этилидендифосфоновой кислоты и бис(2-пиридил-1,2,4-триазолил-3)пропана при 3-недельном курсовом введении у самцов крыс. Эксперименты проведены на 70 лабораторных крысах-самцах линии Вистар в тест-моделях острой термической («tail-flick», «hot plate») и механической боли (тест Рэндалла-Селитто), а также воспаления (формалиновый тест). В диапазоне доз от 5 до 100 мг/кг данное соединение в основном демонстрирует эффективность анальгетика при однократном введении, только при механической боли исследуемый аддукт проявляет обезболивающий эффект при курсовом введении в дозе 5 мг/кг. В «формалиновом тесте» обнаружен противовоспалительный и эксудативный эффект исследуемого аддукта в дозе 5 мг/кг.

**Ключевые слова:** аддукт 1-гидрокси-1,1-этилидендифосфоновой кислоты и бис(2-пиридил-1,2,4-триазолил-3)пропана, курсовое введение, анальгетический эффект, противовоспалительная активность, перцептуальный компонент боли, механическая боль, спинальный и супраспинальный механизмы регуляции боли.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Известно, что в среднем каждые девять из десяти заболеваний организма человека сопровождаются болью, а пятая часть людей на земном шаре испытывает симптомы хронических болевых синдромов, поэтому поиск новых анальгетиков актуален для практической медицины [1]. Что касается непосредственно Республики Крым, то травмы, сопровождающиеся применением различных анальгетиков при медицинском лечении, занимали по статистике в данном регионе в 2018 г. второе место в структуре всех впервые в жизни зарегистрированных заболеваний [2]. Поэтому поиск новых анальгетиков актуален как для мировой медицины, так и для решения ряда практических задач медицинского кластера Республики Крым, связанных с алгическими явлениями.

Существует множество химических соединений, перспективных в отношении наличия у них анальгетической активности. К таким веществам относят соединения, синтезированные на основе бисфосфонатов и 1,2,4-триазола. У некоторых

перспективных производных 1,2,4-триазола известны анестезирующие, противовоспалительные и антипирогенные эффекты [3-5]. Ранее были показаны противоболевые эффекты аддукта 1-гидрокси-1,1-этилидендифосфоновой кислоты (ГДК) и бис(2-пиридил-1,2,4-триазолил-3)пропана (БТП) и их аддукта (ГДК+БТП), аддукта 1-гидрокси-1,1-этилидендифосфоновой кислоты и бис(2-пиридил-1,2,4-триазолил-3)бутана (ГДК+БТБ) при однократном введении самцам и самкам крыс в диапазоне доз от 5 до 200 мг/кг [6-10]. Однако непосредственные данные об анальгетических и противовоспалительных эффектах ГДК+БТП при курсовом введении у животных отсутствуют.

Цель работы – оценить у самцов крыс анальгетическую и противовоспалительную активность ГДК+БТП при 21-дневном курсовом введении.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Предварительно в тесте «открытое поле» [11, 12] было отобрано 70 лабораторных крыс-самцов линии Вистар («ФГУП «Питомник лабораторных животных «Рапполово») одинакового возраста массой 180–200 г со средними параметрами двигательной активности и низким уровнем эмоциональности. Установка данного теста – актиметр (IR Actimeter, Pan Lab Harvard Apparatus, Испания) – состоит из рабочей станции размером 45 x 45 см с прозрачными полипропиленовыми стенками высотой 20 см с двумя инфракрасными рамками-датчиками движений. Для управления актиметром и сбора экспериментальных данных использовали программное обеспечение Actitrack 2.0 (Pan Lab Harvard Apparatus, Испания).

Животные были разделены на 7 групп по 10 особей. На 40 самцах тестировали анальгетическую активность ГДК+БТП, а на 30 других – противовоспалительную активность. Все исследования проводили в соответствии с ГОСТ Р-53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики» и принципами, изложенными в Директиве 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 22.09.2010 г. Экспериментальная часть работы выполнена на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» и кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». Самцов крыс, участвующих в эксперименте, содержали в стандартных условиях вивария при температуре 18–22°C на подстиле «Рехофикс МК 2000» (на основе початков кукурузы) с естественным 12-часовым свето-темновым 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.

В исследованиях анальгетической активности ГДК+БТП самцы одной группы являлись контрольными и получали каждый день утром в 10.00 течение 21 суток внутривнутрибрюшинно инъекции по 0,2 мл физиологического раствора и находились в стандартных условиях вивария (ГОСТ Р-53434-2009), остальные группы получали в это же время в течение 21 суток по 0,2 мл внутривнутрибрюшинных инъекций ГДК+БТП в

дозах 5, 50 и 100 мг/кг. Данные дозы выбраны потому, что в них в различных тестах в соответствии с ранее полученными данными [6, 8, 9] ГДК+БТП при однократном введении проявлял наиболее выраженную анальгетическую активность. Аналогичным образом формировали группы животных и при тестировании противовоспалительного эффекта ГДК+БТП, только без инъекций дозы 100 мг/кг. ГДК+БТП синтезирован на кафедре общей и неорганической химии факультета биологии и химии Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». Химическая чистота ГДК+БТП составляла не менее 98 %.

Анальгетическую активность ГДК+БТП оценивали по параметрам болевой чувствительности животных в фоне и через 1 час после внутривентральных инъекций на 1-е, 6-е, 10-е, 14-е и 21-е сутки эксперимента в моделях острого болевого стресса «tail-flick», Рэндалла-Селитто и «hot plate». Перед проведением тестов «tail-flick» и Рэндалла-Селитто после инъекций животных помещали в специальные фиксаторы для крыс (AE1001-R0, НПК «Открытая Наука», Россия).

В тесте «отдёргивание хвоста» (установка LE7106 Tail-flick Meter, Pan Lab Harvard Apparatus, Испания) регистрировали латентный период отведения хвоста (ЛПРОХ), который определяли по времени (с) отдёргивания хвоста [10, 13–17]. На хвост каждой крысы, сидящей в фиксаторе, осуществляли 3 предъявления термального раздражителя с последующим расчетом среднего значения ЛПРОХ в секундах у каждого животного [6–10, 16]. Данный тест основан на спинальном флексорном рефлексе, возникающем в ответ на локальное воздействие на хвост высокой температуры и позволяет судить об анальгетическом эффекте вещества преимущественно с участием перцептуального компонента ноцицепции и спинального механизма регуляции болевой чувствительности [6–10, 13–17].

В тесте Рэндалла-Селитто (анальгезиметр BIO-RP-R Rodent pincher, Bioseb, Франция) прибор отображает приложенную силу (в г), при которой животное реагирует на постепенно нарастающее механическое сдавливание хвоста – болевой порог (БП) механической болевой чувствительности [16–18]. Осуществляли по 3 механических сжатия щипцами хвоста каждой крысы, сидящей в фиксаторе, с последующим расчетом среднего значения БП в граммах у каждого животного [6–10, 16].

В тесте «горячая пластина» (экспериментальная установка Cold and hot plate CNP, Bioseb) регистрировали латентный период болевой реакции (ЛПБР) животного, который определялся величиной времени (с) проявления реакции отведения и облизывания конечностей и (или) вокализации, подпрыгивания от нагретой поверхности. Измерения данного показателя проводили после помещения животного на горячую металлическую поверхность температурой + 55 °С. Тест позволяет судить о болевой чувствительности животных с участием супраспинальных механизмов [6–10, 16, 17, 19, 20].

Противовоспалительную активность ГДК+БТП оценивали в тесте формалиновый отёк лапы у крыс [4, 9]. Острую воспалительную реакцию воспроизводили путем субплантарного введения 0,1 мл 2 % раствора формалина в виде водного раствора в левую заднюю лапу крысы, а затем измеряли величину отека конечности с помощью метода водной плетизмометрии (установка Digital



Water Plethysmometer LE7500, Panlab, Испания) [9] на 10-е и 21-е сутки курсового введения БТП+ГДК в дозах от 5 и 50 мг/кг.

Данные представлены в виде среднего арифметического и его ошибки, их статистический анализ выполнен в программных пакетах StatSoft/STATISTICA 8 и Graph Pad Prism 7.0. Достоверность различий между группами определяли с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с апостериорным тестом Тьюки и непараметрическим критерием множественных сравнений Данна согласно официальным методическим рекомендациям по статистической обработке результатов доклинических исследований лекарственных средств, приведенным в специализированной литературе [16].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В тесте «tail-flick», как показано в табл. 1, обнаружен анальгетический эффект ГДК+БТП в дозе 5 и 100 мг/кг на 1-е сутки курсового введения и в дозе 50 мг/кг – на 1-е и 21-е сутки. Это выражалось в достоверном возрастании ЛПРОХ относительно контрольной группы в дозе 5 мг/кг на 1-е сутки введения на 32.7 % ( $p \leq 0.05$ ), в дозе 50 мг/кг на 1-е и 21-е сутки введения – на 40 % ( $p \leq 0.01$ ) и 67.1 % ( $p \leq 0.001$ ) и в дозе 100 мг/кг на 1-е сутки введения – на 80.0 % ( $p \leq 0.01$ ) соответственно. Анальгетический эффект после курсового введения ГДК+БТП проявился также на 21-е сутки, вероятно, потому, что к этому времени включение естественных адаптационных резервов и ресурсов организма приводило к возвращению порогов болевой чувствительности к исходному уровню, о чём свидетельствует отсутствие достоверных различий ЛПРОХ в контроле на 1-е и 21-е сутки, а также в экспериментальных группах на 1-е и 21-е сутки. В дозе 5 мг/кг на 10-е сутки введения, наоборот, был обнаружен алгогенный эффект ГДК+БТП (ЛПРОХ достоверно уменьшался относительно контроля на 24.1 % ( $p \leq 0.01$ )). Поскольку в остальных случаях курсового введения на протяжении 21-х суток противоболевая активность ГДК+БТП не была обнаружена (кроме 21-х суток курсового введения вещества в дозе 50 мг/кг), применение данного аддукта в качестве анальгетика, принимающего участие в спинальном механизме регуляции болевой чувствительности, целесообразно в дозах 5, 50 и 100 мг/кг только при однократном введении.

В тесте Рэндалла-Селитто, служащем для определения порогов механической болевой чувствительности, как видно из табл. 2, обнаружен анальгетический эффект ГДК+БТП в дозе 5 мг/кг на 6-е, 14-е и 21-е сутки курсового введения, так как БП достоверно увеличивался относительно контроля на 55.3 ( $p \leq 0.001$ ), 72.5 ( $p \leq 0.001$ ) и 49.6 % ( $p \leq 0.01$ ) соответственно. В дозе 50 мг/кг подобный эффект был обнаружен на 1-е и 10-е сутки введения (БП достоверно увеличивался относительно контроля на 25.2 % ( $p \leq 0.01$ ) и 21.3 % ( $p \leq 0.001$ ) соответственно), а в дозе 100 мг/кг – только на 1-е сутки на 80 % ( $p \leq 0.01$ ).

Таким образом, результаты теста Рэндалла-Селитто свидетельствуют об эффективности однократного применения ГДК+БТП в качестве анальгетика при механической боли в дозах 50 и 100 мг/кг и при курсовом введении – только в дозе 5 мг/кг.

**Таблица 1**  
**Латентный период реакции отведения хвоста (ЛПРОХ) крыс при действии**  
**ГДК+БТП в тесте «tail-flick» в диапазоне доз от 5 до 100 мг/кг**

Сутки введения ГДК+БТП	Доза, мг/кг (количество животных в группе)	ЛПРОХ, с (M±m) и % от контроля
1-е	контроль (n=10)	3,64±0,11 100 %
	5 (n=10)	4,82±0,33 * 132,7 %
	50 (n=10)	5,09±0,87 ** 140,0 %
	100 (n=10)	6,55±1,08 ** 180,0 %
6-е	контроль (n=10)	6,07±0,23 100 %
	5 (n=10)	7,27±0,76 119,8 %
	50 (n=10)	6,89±0,52 113,6 %
	100 (n=10)	6,32±0,41 104,1 %
10-е	контроль (n=10)	6,06±0,29 100 %
	5 (n=10)	4,60±0,29 * 75,9 %
	50 (n=10)	5,89±0,49 97,2 %
	100 (n=10)	6,18±0,54 102,0 %
14-е	контроль (n=10)	6,25±0,33 102,0 %
	5 (n=10)	5,94±0,30 95,0 %
	50 (n=10)	6,02±0,53 96,3 %
	100 (n=10)	5,90±0,68 94,4 %
21-е	контроль (n=10)	3,13±0,18 100 %
	5 (n=10)	3,16±0,17 101 %
	50 (n=10)	5,23±0,08 *** 167,1 %
	100 (n=10)	3,52±0,28 112,5 %

*Примечание:* \*, \*\*, \*\*\* – достоверность различий показателей по сравнению с контрольной группой при  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$  и  $p \leq 0.001$  соответственно.

Таблица 2

Болевой порог (БП) механической болевой чувствительности крыс при действии ГДК+БТП в тесте Рэндалла-Селитто в диапазоне доз от 5 до 100 мг/кг

Сутки введения ГДК+БТП	Доза, мг/кг (количество животных в группе)	БП, г ( $M \pm m$ ) и % от контроля
1-е	контроль (n=10)	1012,0±61,9 100 %
	5 (n=10)	932,9±47,5 * 92,2 %
	50 (n=10)	1267,0±73,6 ** 125,2 %
	100 (n=10)	1585,0±139,0 ** 156,6 %
6-е	контроль (n=10)	789,3±31,5 100 %
	5 (n=10)	1226±93,4 *** 155,3 %
	50 (n=10)	988,3±66,2 125,2 %
	100 (n=10)	854±102,4 108,2 %
10-е	контроль (n=10)	751,1±27,6 100 %
	5 (n=10)	835,90±28,54 ** 155,3 %
	50 (n=10)	911,40±22,95 *** 121,3 %
	100 (n=10)	801,7±64,0 106,7 %
14-е	контроль (n=10)	524,8±35,0 100 %
	5 (n=10)	905±60,5 *** 172,5 %
	50 (n=10)	572,3±39,9 109,5 %
	100 (n=10)	551,0±49,2 105 %
21-е	контроль (n=10)	650,3±58,3 100 %
	5 (n=10)	972,5±100,5 ** 149,6 %
	50 (n=10)	569,0±31,2 87,5 %
	100 (n=10)	544±120 83,7 %

Примечание: то же, что и в табл. 1.

В тесте «hot plate», как показано в табл. 3, обнаружен анальгетический эффект ГДК+БТП в дозе 5 мг/кг на 1-е и 21-е сутки курсового введения и аллогенный – на 10-е сутки введения. Это выразалось в достоверном возрастании ЛПБР на 32.1 % ( $p \leq 0.01$ , 1-е сутки введения) и 31.3 % ( $p \leq 0.01$ , 21-е сутки введения) и уменьшении – на 16.7 % ( $p \leq 0.01$ , 10-е сутки введения) соответственно. В дозе 50 мг/кг ГДК+БТП проявлял анальгетический эффект на 1-е и 14-е сутки введения, поскольку ЛПБР возрастал на 89.9 ( $p \leq 0.001$ ) и 21.06 % ( $p \leq 0.05$ ) соответственно.

**Таблица 3**

**Латентный период болевой реакции крыс (ЛПБР) при действии при действии ГДК+БТП в тесте «hot plate» в диапазоне доз от 5 до 100 мг/кг**

Сутки введения ГДК+БТП	Доза, мг/кг (количество животных в группе)	ЛПБР отведения хвоста, с ( $M \pm m$ ) и % от контроля
1-е	контроль (n=10)	3,63±0,11 100 %
	5 (n=10)	4,80±0,17 ** 132,1 %
	50 (n=10)	6,90±0,66 *** 189,9 %
6-е	контроль (n=10)	5,46±0,34 100 %
	5 (n=10)	5,81±0,34 106,5 %
	50 (n=10)	6,30±0,39 115,4 %
10-е	контроль (n=10)	8,19±0,14 100 %
	5 (n=10)	6,82±0,42 ** 83,3 %
	50 (n=10)	7,40±0,26 90,4 %
14-е	контроль (n=10)	5,92±0,32 100 %
	5 (n=10)	6,53±0,34 110,3 %
	50 (n=10)	7,17±0,32 * 121,1 %
21-е	контроль (n=10)	5,85±0,42 100 %
	5 (n=10)	7,68±0,32 ** 131,3 %
	50 (n=10)	6,64±0,39 113,5 %

Примечание: то же, что и в табл. 1.

Результаты теста «hot plate» свидетельствуют о целесообразности только однократного применения ГДК+БТП в качестве анальгетика в дозах 5 и 50 мг/кг, так как при курсовом введении эти эффекты были непостоянны и нестабильны. Поскольку в тесте «hot plate» и на предыдущем этапе исследований при однократном введении ГДК+БТП в дозе 100 мг/кг, и в данной работе при курсовом введении противовоспалительная активность не была обнаружена, данные в табл. 3 по этой дозе не представлены.

Таким образом, результаты углублённого биоскрининга анальгетических эффектов ГДК+БТП при курсовом внутрибрюшинном введении позволяют заключить, что искомый аддукт в основном демонстрирует эффективность в качестве анальгетика при однократном введении и только при механической боли данное вещество эффективно при курсовом введении в дозе 5 мг/кг.

В «формалиновом тесте», как продемонстрировано в табл. 4, наблюдался провоспалительный и экссудативный эффект ГДК+БТП в дозе 5 мг/кг, так как в данной дозе ГДК+БТП на 21-е сутки введения увеличивал формалиновый отёк лапы крыс на 70.9 % ( $p \leq 0.01$ ).

**Таблица 4**

**Величина формалинового отёка лапы у крыс в «формалиновом тесте» при действии БТП+ГДК в дозах 5 и 50 мг/кг**

Сутки введения ГДК+БТП	Доза, мг/кг (количество животных в группе)	Объём отёка, мл, ( $M \pm m$ ) и % от контроля
1-е	контроль (n=10)	0,30±0,11 100 %
	5 (n=10)	0,21±0,06 70,0 %
	50 (n=10)	0,18±0,07 60,0 %
10-е	контроль (n=10)	0,51±0,05 100 %
	5 (n=10)	0,59±0,16 115,7 %
	50 (n=10)	0,54±0,12 105,9 %
21-е	контроль (n=10)	0,55±0,06 100 %
	5 (n=10)	0,94±0,05 ** 170,9 %
	50 (n=10)	0,40±0,04 72,7 %

*Примечание:* \*\* – достоверность различий показателей по сравнению с контрольной группой при  $p \leq 0.01$  соответственно.

Следовательно, противовоспалительного эффекта у исследуемых доз ГДК+БТП (5 и 50 мг/кг) на 1-е, 10-е и 21-е сутки курсового введения не было обнаружено. Наоборот, длительное курсовое введение ГДК+БТП в дозе 5 мг/кг в течение 21 суток и более не рекомендуется, так как оно оказывает провоспалительный и эксудативный эффект.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При курсовом введении крысам-самцам ГДК+БТП в течение 21 суток в диапазоне доз от 5 до 100 мг/кг обнаружено, что данное соединение в основном демонстрирует эффективность анальгетика при однократном введении, только при механической боли данное вещество проявляет обезболивающий эффект при курсовом введении в дозе 5 мг/кг:

1. Тест «tail-flick» показал, что применение ГДК+БТП в качестве анальгетика, принимающего участие в спинальном механизме регуляции болевой чувствительности, целесообразно в дозах 5, 50 и 100 мг/кг только при однократном введении: ЛПРОХ возрстал относительно контроля в дозе 5 мг/кг на 1-е сутки введения ГДК+БТП на 32.7 % ( $p \leq 0.05$ ), в дозе 50 мг/кг на 1-е и 21-е сутки введения ГДК+БТП – на 40 % ( $p \leq 0.01$ ) и 67.1 % ( $p \leq 0.001$ ) и в дозе 100 мг/кг на 1-е сутки введения ГДК+БТП – на 80.0 % ( $p \leq 0.01$ ) соответственно. В дозе 5 мг/кг на 10-е сутки введения, наоборот, был обнаружен аллогенный эффект ГДК+БТП (ЛПРОХ достоверно уменьшался относительно контроля на 24.1 % ( $p \leq 0.01$ )).
2. В тесте Рэндалла-Селитто показана эффективность однократного применения ГДК+БТП в качестве анальгетика при механической боли в дозах 50 и 100 мг/кг (БП достоверно увеличивался относительно контроля на 25.2 % ( $p \leq 0.01$ ) и 80 % ( $p \leq 0.01$ ), а при курсовом введении – только в дозе 5 мг/кг (БП увеличивался относительно контроля на 55.3 % ( $p \leq 0.001$ ), 72.5 % ( $p \leq 0.001$ ) и 49.6 % ( $p \leq 0.01$ ) на 6-е, 14-е и 21-е сутки курсового введения соответственно).
3. В тесте «hot plate» показана целесообразность только однократного применения ГДК+БТП в качестве анальгетика в дозах 5 и 50 мг/кг, так как при курсовом введении эти эффекты были непостоянны и нестабильны.
4. В «формалиновом тесте» обнаружен провоспалительный и эксудативный эффект ГДК+БТП в дозе 5 мг/кг, поскольку ГДК+БТП на 21-е сутки введения увеличивал формалиновый отёк лапы крыс на 70.9 % ( $p \leq 0.01$ ).

*Исследование выполнено на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» и кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского» при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 18-13-00024 «Координационные соединения дифосфонатов металлов со спейсерированными 1,2,4-триазолами как основа новых гибридных материалов и лекарственных препаратов».*

## Список литературы

1. Бондаренко Д. А. In vivo модели для изучения анальгетической активности / Д. А. Бондаренко, И. А. Дьяченко, Д. И. Скобцов [и др.]. // Биомедицина. – 2011. – № 2. – С. 84–94.
2. Официальный сайт территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Республике Крым <http://crimea.gks.ru> (дата обращения 26.05.2019).
3. Synthesis, analgesic and anti-inflammatory activities of new methyl-imidazolyl-1,3,4-oxadiazoles and 1,2,4-triazoles / A. Almasirad, Z. Mousavi, M. Tajik // Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2014. – Vol. 22. – P. 22–29. doi: 10.1186/2008-2231-22-22
4. Novel thiazolo[3,2-b]-1,2,4-triazoles derived from naproxen with analgesic/anti-inflammatory properties: Synthesis, biological evaluation and molecular modeling studies / D. Sarigol, A. Uzgoren-Baran, B. C. Tel [et al.]. // Bioorg. Med. Chem. – 2015. – Vol. 23. – P. 2518–2528. doi: 10.1016/j.bmc.2015.03.049
5. 1,2,4-Triazole Scaffolds: Recent Advances and Pharmacological Applications / A. Thakur, P. S. Gupta, P. K. Shukla // Int. J. Curr. Res. Aca. Rev. – 2016. – Vol. 4 (2). – P. 277–296. doi:10.20546/ijcrar.2016.402.031
6. Влияние 1-гидрокси-1,1-этилидендифосфоновой кислоты, бис(2-пиридил-1,2,4-триазолил-3)пропана и их аддукта на болевую чувствительность самцов крыс (часть 1) / И. В. Черетаев, М. Ю. Раваева, Э. Р. Джелдубаева [и др.]. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология, химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 2. – С. 162–175.
7. Влияние 1-гидрокси-1,1-этилиден-дифосфоновой кислоты и бис(2-пиридил-1,2,4-триазолил-3)пропана на болевую чувствительность самок крыс / Черетаев И. В., Чуян Е. Н., Раваева М. Ю. [и др.]. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – № 7 (85), Ч. 1. – С. 92–97. doi: 10.23670/IRJ.2019.85.7.018
8. Сравнительный анализ противоболевой активности 1-гидрокси-1,1-этилидендифосфоновой кислоты, бис(2-пиридил-1,2,4-триазолил-3)пропана и их аддукта у самцов крыс (часть 2) / Черетаев И. В., Раваева М. Ю., Джелдубаева Э. Р. [и др.]. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология, химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 3. – С. 199–206.
9. Bioscreening of the spacerized complex BIS (2-Pyridyl)-3-(1,2,4-Triazolyl) propane and 11-Hydroxy-1,1-Ethylidenediphosphonic acid / E. Chuyan, M. Ravaeva, I. Cheretaev [et al.]. // Advances in Biological Sciences Research. – 2019. – Vol. 7. – P. 82–86. doi: 10.2991/isils-19.2019.19
10. Cheretaev I. V. Etidronic acid adduct and bis (2-pyridyl-1,2,4-triazolyl-3) butane: properties and effect on pain sensitivity / I. V. Cheretaev, M. Yu. Ravaeva, E. N. Chuyan // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 889. – Article 012029. doi:10.1088/1757-899X/889/1/012029
11. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова, Д. Хьюстон. – М.: Высшая школа, 1991. – 399 с.
12. Вдовина Н. В. Исследование особенностей поведения здоровых крыс разного возраста и крыс-опухоленосителей в «открытом поле» / Н. В. Вдовина, Е. С. Клинцева, Т. Г. Щербатюк // Современные технологии в медицине. – 2010. – № 2. – С. 12–16.
13. Determination of Adrenergic and Imidazoline Receptor Involvement in Augmentation of Morphine and Oxycodone Analgesia by Clonidine and BMS182874 / Gulati A., Bhalla S., Matwyshyn G. [et al.]. // Pharmacology. – 2011. – Vol. 83. – P. 45–58. doi: 10.1159/000178812
14. Smith E. S. Nociceptors: a phylogenetic view / E. S. Smith, G. R. Lewin // J. Comp. Physiol. A. Neuroethol. Sens. Neural. Behav. Physiol. – 2009. – Vol. 195 (12). – P. 1089–1106. doi: 10.1007/s00359-009-0482-z
15. Xu F. The neurotoxicity of intrathecal lidocaine is enhanced in postpartum compared to virgin rats / F. Xu, B. Zhang, T. Li // Fundam Clin Pharmacol. – 2013. – Vol. 27, № 4. – P. 427–433. doi: 10.1111/j.1472-8206.2012.01034.x
16. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / А. Н. Миронов, Н. Д. Бунатян, А. Н. Васильев [и др.]. – Ч. 1. М.: Гриф и К, 2012. – 944 с.
17. Minina E. N. Peculiarities of psychophysiological reaction of experimental rats during the course application of “energy” drink / E. N. Minina, I. V. Cheretaev, N. Hait // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol. 169. – P. 715–719. doi: 10.1016/j.procs.2020.02.173

18. Randall L. O. A method for measurement of analgesic activity on inflamed tissue / L. O. Randall, J. J. Sellitto // Arch. Int. Pharmacodyn. Ther. – 1957. – Vol. 111 (4). – P. 409–419.
19. Рогожин Е. А. Характеристика белково-пептидного экстракта семян мари белой (*Chenopodium album* L.): изучение компонентного состава, антимикробных и анальгетических свойств / Е. А. Рогожин, О. В. Кисиль, И. В. Черетаев, С. К. Завриев // Антибиотики и химиотерапия. – 2017. – Т. 62, № 9–10. – С. 3–8.
20. Woolfe G. The evaluation of the analgesic action of pethidine hydrochloride (Demerol) / G. Woolfe, A. D. Macdonald // J. Pharmacol. Exp. Ther. – 1944. – Vol. 80, № 3. – P. 300–307.

**EVALUATION OF ANALGESIC AND ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY OF 1-HYDROXY-1,1-ETHYLIDENDIPHOSPHONIC ACID ADDUCT AND BIS (2-PYRIDYL-1,2,4-TRIAZOLYL-3)PROPANE DURING COURSE ADMINISTRATION IN MALE RATS**

*Cheretaev I. V., Ravaeva M. Yu., Chuyan E. N., Shulgin V. F.*

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: cheretaev86@yandex.ru*

The article presents the results of evaluation of analgesic and anti-inflammatory activity of the adduct of 1-hydroxy-1,1-ethylidendiphosphonic acid and bis(2-pyridyl-1,2,4-triazolyl-3)propane (HEA+BPP) in male rats with a 21-day course administration.

The aim of the study was to evaluate analgesic and anti-inflammatory activity in male rats with 21-day course administration of HEA+BPP course administration with 21-day course administration.

The animals were divided into 7 groups of 10 individuals. Analgesic activity of HEA+BPP was tested on 40 males, and anti-inflammatory activity was tested on 30 others.

In studies of analgesic activity of HEA+BPP, males of one group were control and received intraperitoneal injections of 0.2 ml of saline solution every day at 10.00 for 21 days, the others groups received 0.2 ml of intraperitoneal injections of HEA+BPP at doses of 5, 50 and 100 mg/kg at the same time for 21 days. In analgesic studies, groups of animals were similarly formed, when testing the anti-inflammatory effect of HEA+BPP, only without injecting a dose of 100 mg/kg. HEA+BPP synthesized at the Department of General and inorganic chemistry of the faculty of biology and chemistry of the Tauride Academy (structural division) of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. The chemical purity of HEA+BPP was at least 98 %.

The analgesic activity of HEA+BPP was evaluated by the parameters of pain sensitivity of animals in the background and 1 hour after intraperitoneal injections on the 1st, 6th, 10th, 14th and 21st days of the experiment in the models of acute pain stress "tail-flick", Randall-Sellitto and "hot plate". Before the tail-flick and Randall-Sellitto tests were performed, the animals were placed in special rat retainers after injection.

The anti-inflammatory activity of HEA+BPP was evaluated in the formalin paw edema test in rats. Acute inflammatory response was reproduced by subplantar injection of 0.1 ml of 2 % formalin solution in the form of an aqueous solution into the left hind leg



of a rat, and then the value of limb edema was measured using the method of water plethysmometry on the 10th and 21st days of course administration of HEA+BPP in doses of 5 and 50 mg/kg.

The data are presented as mean and standard error mean, statistical analysis performed using the software packages StatSoft/STATISTICA 8 and Graph Pad Prism 7.0. The significance of differences between groups was determined using one-way analysis of variance (ANOVA) with post hoc test Tukey and non-parametric criterion of multiple comparisons of Dunn, according to official methodological recommendations on statistical treatment of the results of preclinical studies of medicines, given in the literature.

During course administration to male rats of HEA+BPP for 21 days in the dose range from 5 to 100 mg / kg, it was found that this compound mainly demonstrates effectiveness as an analgesic with a single injection, only for mechanical pain, this substance is effective with a course administration at a dose of 5 mg/kg:

The "tail-flick" test showed, that using of HEA+BPP as an analgesic involved in the spinal mechanism of pain sensitivity regulation is advisable in doses of 5, 50 and 100 mg/kg only with a single injection: latent period of the reaction discharge of the tail increased relative to control at a dose of 5 mg/kg on the 1st day of administration of HEA+BPP by 32.7 % ( $p \leq 0.05$ ), at a dose of 50 mg/kg on the 1st and 21st days of administration – by 40 % ( $p \leq 0.01$ ) and 67.1 % ( $p \leq 0.001$ ) and at a dose of 100 mg/kg on the 1st day of administration – by 80.0 % ( $p \leq 0.01$ ), respectively. At a dose of 5 mg/kg on the 10th day of administration, on the contrary, was discovered algogenic effect of HEA+BPP (latent period of the reaction discharge of the tail was significantly decreased relative to control by 24.1 % ( $p \leq 0.01$ )).

In the test of Randall-Selitto the efficiency of single use HEA+BPP as an analgesic in mechanical pain at doses of 50 and 100 mg/kg (pain threshold was significantly increased relative to control at 25.2 % ( $p \leq 0.01$ ) and 80 % ( $p \leq 0.01$ ), and in course administration only at a dose of 5 mg/kg (pain threshold was significantly increased relative to control at 55.3 % ( $p \leq 0.001$ ), 72.5 % ( $p \leq 0.001$ ) and 49.6 % ( $p \leq 0.01$ ) on the 6th, 14th and 21st day of the course introduction).

The "hot plate" test shows the feasibility of only a single use of HEA+BPP as an analgesic in doses of 5 and 50 mg/kg, since these effects were unstable and unstable when administered on a course basis.

The "formalin test" revealed the inflammatory and exudative effect of HEA+BPP at a dose of 5 mg/kg, in which HEA+BPP on the 21st day of administration increased the formalin edema of the rat paw by 70.9 % ( $p \leq 0.01$ ).

**Keywords:** 1-hydroxy-1,1-ethylidendiphosphonic acid adduct and bis (2-pyridyl-1,2,4-triazolyl-3)propane, course administration, analgesic effect, anti-inflammatory activity, perceptual component of pain, mechanical pain, spinal and supraspinal mechanisms of pain regulation.

#### References

1. Bondarenko D. A., D'jachenko I. A., Skobcov D. I., Murashev A. N., In vivo modeli dlja izuchenija anal'geticheskoj aktivnosti, *Biomedicina*, **2**, **84**. (2011).

2. Oficial'nyj sajt territorial'nogo organa Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Krym <http://crimea.gks.ru> (data obrashhenija 26.05.2019).
3. Almasirad A., Mousavi Z., Tajik M., Synthesis, analgesic and anti-inflammatory activities of new methylimidazolyl-1,3,4-oxadiazoles and 1,2,4-triazoles, *Journal of Pharmaceutical Sciences*, **22**, 22 (2014). doi: 10.1186/2008-2231-22-22
4. Sarigol D., Uzgoren-Baran A., Tel B. C., Somuncuoglu E. I., Kazkayasi I., Ozadali-Sari K., Unsal-Tan O., Okay G., Ertan M., Tozkoparan B., Novel thiazolo[3,2-b]-1,2,4-triazoles derived from naproxen with analgesic/anti-inflammatory properties: Synthesis, biological evaluation and molecular modeling studies, *Bioorg. Med. Chem.*, **23**, 2518 (2015). doi: 10.1016/j.bmc.2015.03.049
5. Thakur A., Gupta P. S., Shukla P. K., 1,2,4-Triazole Scaffolds: Recent Advances and Pharmacological Applications, *Int. J. Curr. Res. Aca. Rev.*, **4** (2), 277 (2016). doi:10.20546/ijcrar.2016.402.031
6. Cheretaev I. V., Ravaeva M. Yu., Dzheldubaeva E. R., Chuyan E. N., Shulgin V. F., Sheichmambetov N., Palaevskaya M. V., Effect of 1-hydroxy-1,1-ethylidenediphosphone acid, bis (2-pyridyl-1,2,4-triazolyl-3) propane and their adduct on the pain sensitivity of rats, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya, himiya.*, **5** (71), 2, 162 (2019).
7. Cheretaev I. V., Chuyan E. N., Ravaeva M. Yu., Shulgin V. F., Influence of 1-hydroxy-1,1-ethylidenediphosphone acid and bis (2-pyridyl-1,2,4-triazolyl-3) propane on pain sensitivity of rat females, *International Research Journal*, **7** (85), 92 (2019) doi: 10.23670/IRJ.2019.85.7.018
8. Cheretaev I. V., Ravaeva M. Yu., Dzheldubaeva E. R., Chuyan E. N., Shulgin V. F., Sheichmambetov N., Palaevskaya M. V., Comparative analysis of analgesic activity of 1-hydroxy-1,1-ethylidenediphosphone acid, bis(2-pyridyl-1,2,4-triazolyl-3)propane and their adduct in rats (part 2), *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya, himiya.*, **5** (71), 3, 199 (2019).
9. Chuyan E., Ravaeva M., Cheretaev I., Kornilenko O., Furkovskaya A., Birukova E., Bioscreening of the spacerized complex BIS (2-Pyridyl)-3-(1,2,4-Triazolyl) propane and 11-Hydroxy-1,1-Ethylidenediphosphonic acid, *Advances in Biological Sciences Research*, **7**, 82 (2019). doi: 10.2991/aisr-19.2019.19
10. Cheretaev I. V., Ravaeva M. Yu., Chuyan E. N., Etidronic acid adduct and bis (2-pyridyl-1,2,4-triazolyl-3) butane: properties and effect on pain sensitivity, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **889**, 012029 (2020). doi:10.1088/1757-899X/889/1/012029
11. Buresh Ja., Bureshova O., H'juston D., *Metodiki i osnovnye jeksperimenty po izucheniju mozga i povedenija*, 399 p. (Moscow, Vysshaja shkola, 1991).
12. Vdovina N. V., Klintsova E. S., Shcherbatyuk T. G., The study of the behavior of healthy rats of different ages and rat-tumor carriers in the "open field", *Sovremennye tekhnologii v medicine*, **2**, 12 (2010).
13. Gulati A., Bhalla S., Matwysyn G., Zhang Z., Andurkar S. V., Determination of Adrenergic and Imidazoline Receptor Involvement in Augmentation of Morphine and Oxycodone Analgesia by Clonidine and BMS182874, *Pharmacology*, **83**, 45 (2011). doi: 10.1159/000178812
14. Smith E. S., Lewin G. R., Nociceptors: a phylogenetic view, *J. Comp. Physiol. A. Neuroethol. Sens. Neural. Behav. Physiol.*, **195** (12), 1089 (2009). doi: 10.1007/s00359-009-0482-z
15. Xu F., Zhang B., Li T., The neurotoxicity of intrathecal lidocaine is enhanced in postpartum compared to virgin rats, *Pharmacology*, **27**, **4**, 427 (2013). doi: 10.1111/j.1472-8206.2012.01034.x
16. Mironov A. N., Bunatjan A. D., Vasil'ev A. N. i dr., *Rukovodstvo po provedeniju doklinicheskikh issledovanij lekarstvennyh sredstv*. Ch. 1. 944 s. (Moskva: Grif i K, 2012).
17. Minina E. N., Cheretaev I. V., Hait N., Peculiarities of psychophysiological reaction of experimental rats during the course application of "energy" drink, *Procedia Computer Science*, **169**, 715 (2020). doi: 10.1016/j.procs.2020.02.173
18. Randall L. O., Selitto J. J., A method for measurement of analgesic activity on inflamed tissue, *Arch. Int. Pharmacodyn. Ther.*, **111** (4), 409 (1957).
19. Rogozhin E. A., Kisil' O. V., Cheretaev I. V., Zavriev S. K., Characterization of Protein and Peptide Extract from Lamb's Quarters' (*Chenopodium album* L.) Seeds: Studying of Composition, Antimicrobial and Analgesic Properties, *Antibiotiki i Khimioterapiya*, **62**, **9-10**, 3 (2017).
20. Woolfe G., Macdonald A. D., The evaluation of the analgesic action of pethidine hydrochloride (Demerol), *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, **80**, **3**, 300 (1944).

УДК 619.616.993.1:636.74

## ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕРАПИЯ ПРИ ЭРЛИХИОЗЕ У СОБАКИ

Яковишин Л. А.<sup>1</sup>, Адрузов И. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия

<sup>2</sup>Ветеринарный комплекс «БИОН», Севастополь, Россия

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Описаны физиологические показатели организма собаки породы немецкая овчарка при наличии у нее эрлихиоза. Приведены результаты клинического и биохимического анализов ее крови. Показана эффективность комплексной терапии при эрлихиозе, которая включала назначение антибиотика (Юнидокс соллютаб), гепатопротектора (Эссенциале форте Н), диуретика (Канефрон Н), антипиретика (Айнил), минерально-витаминной добавки (Косточка мультивитамин) и эубиотика (Линекс).

**Ключевые слова:** эрлихиоз, собаки, немецкая овчарка, лабораторная диагностика, кровь, лечение.

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее время в различных регионах России отмечается значительный рост клещевых инфекций у собак [1, 2]. Одной из распространенных трансмиссивных клещевых болезней является эрлихиоз [2–6]. Кроме того, встречаются смешанные инфекции, включающие и это заболевание [3, 7, 8]. Среди собак эрлихиозом наиболее часто болеют немецкие овчарки [3, 4]. Они же имеют более тяжелые осложнения [3].

К клиническим признакам эрлихиоза относят отсутствие аппетита, угнетенное состояние, лихорадку, слабый нитевидный пульс, учащенное и затрудненное дыхание, анемию и желтушность конъюнктивы и слизистых оболочек ротовой полости, гемоглобинурию, затрудненную походку, рвоту, понос, кровоизлияния на слизистых и коже, выделения из носа [2–6, 9].

Возбудителями эрлихиоза являются внутриклеточные паразиты рода *Ehrlichia*. Недавно проведенное исследование показало, что в Крыму у клещей выявлены *Ehrlichia muris* (Симферополь), а в Севастополе – *Ehrlichia canis* [10]. *Ehrlichia muris* и *Ehrlichia canis* поражают моноциты и вызывают моноцитарный эрлихиоз собак [2, 3].

Данная статья посвящена рассмотрению физиологических и биохимических характеристик и схемы терапии при наличии эрлихиоза у собаки породы немецкая овчарка.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наблюдалась собака породы немецкая овчарка, кобель, возраст 12 лет, масса тела 37 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), ветеринарном полуавтоматическом биохимическом анализаторе URIT-800 Vet (URIT Medical Electronic Co., Ltd., Китай), полуавтоматическом биохимическом анализаторе BioChem SA (High Technology, Inc., США), гематологическом анализаторе IDEXX VetAutoread (IDEXX Laboratories, Inc., США). Результаты приведены в табл. 1–3. Забор крови осуществлялся из передней подкожной вены предплечья. Температуру тела измеряли ректально термометром.

Одноэтапный иммунохроматографический анализ (ИХА) проведен с помощью экспресс-теста SensPERT<sup>TM</sup> Anaplasma Ab / Ehrlichia canis Ab Test Kit (VetAll Laboratories, Корея). Для анализа использовали цельную кровь.

Для терапии применяли следующие лекарственные средства и добавки: Юнидокс солютаб таблетки диспергируемые 100 мг (производитель ЗАО «ЗиО-Здоровье», Россия), Айнил 10 % инъекционный раствор (Ливисто, производитель Инвеса, Испания), Эссенциале форте Н капсулы 300 мг EPL (производитель А. Наттерманн энд Сие. ГмбХ, Германия), Канефрон Н таблетки, покрытые оболочкой (производитель Бионорика СЕ, Германия), Косточка мультивитамин добавка минерально-витаминная таблетки (производитель ООО «АВЗ С-П», Россия), Линекс капсулы (производитель Лек д.д., Словения).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Диагноз эрлихиоз был поставлен на основании эпизоотической ситуации в регионе (Севастополь, Крым), сезона года (месяц апрель), клинических признаков, результатов клинического и биохимического исследования крови. ИХА цельной крови показал наличие антител к *Ehrlichia canis*. При анализе мазков крови, окрашенных по Романовскому-Гимзе, паразиты не были обнаружены.

На приеме наблюдалось учащенное дыхание, температура 39,6 °С, кожный васкулит на морде, цвет мочи обычный, анорексия, жажда, выделений из носа и глаз не было, желтушность слизистых отсутствовала. За сутки до приема отмечалось ухудшение аппетита, наблюдалась вялость, температура 39,7 °С.

Анализ крови, полученный при первичном обращении, показал, что уровни гемоглобина, лимфоцитов, глюкозы,  $\alpha$ -амилазы, общего билирубина и белка были в пределах нормы, а скорость оседания эритроцитов (СОЭ) превышала верхний предел нормы в 1,5 раза, аланинаминотрансферазы (АЛТ) – примерно в 1,2 раза, креатинина – в 1,2 раза (табл. 1 и 2). Содержание аспаратаминотрансферазы (АСТ) и мочевины было на уровне верхнего предела. Содержание альбумина составило 33 г/л, что находится в пределах референсных значений. Следовательно, гипоальбуминемия, часто встречающаяся при эрлихиозе [3], в нашем случае не зафиксирована.

Кроме того, содержание лейкоцитов и тромбоцитов оказалось меньше нижнего предела нормы, соответственно, в 1,5 и 2,1 раза (табл. 1). Таким образом, результаты клинического и биохимического анализов крови указывают на

лейкопению, тромбоцитопению и повышение активности ферментов печени (АЛТ), которые наряду с увеличением СОЭ и креатинина, подтверждают наличие эрлихиоза у собак [9].

**Таблица 1**  
**Результаты клинического анализа крови при первичном обращении**

Показатель	Результат	Референсные значения
Гемоглобин, г/л	165	120–180
Гематокрит, %	39	37–55
Лейкоциты, $10^9$ /л	4,0	6,0–16,0
СОЭ, мм/ч	15	0–10
Тромбоциты, $10^9$ /л	90	190–550
Средняя концентрация гемоглобина в эритроцитарной массе, г/л	347	300–380
Эозинофилы, %	1	0–5
Палочкоядерные нейтрофилы, %	8	0–6
Сегментоядерные нейтрофилы, %	73	60–70
Лимфоциты, %	12	12–30
Моноциты, %	6	1–7

На второй день после обращения появились гнойно-кровянистые выделения из носа (рис. 1) и чихание, которые спустя еще три дня уже не наблюдались. Через двое суток после начала антибиотикотерапии температура составила 38,5–38,7 °С, повысилась активность. На третьи сутки наблюдался однократный понос темно-коричневого цвета. На пятые сутки утренняя и вечерняя температура не превышала 38,4–38,5 °С. Однако еще две недели после начала лечения отмечалось чередование плохого и хорошего аппетита. Во время лечения цвет мочи не менялся, желтушности слизистых не было.



Рис. 1. Наблюдение выделений из носа у собаки на второй день после первичного обращения.

Спустя две недели после начала терапии анализ крови показал отсутствие лейкопении (лейкоциты  $10,3 \cdot 10^9/\text{л}$ ) и тромбоцитопении (тромбоциты  $323 \cdot 10^9/\text{л}$ ). Содержание АЛТ, АСТ и мочевины было примерно на уровне средних показателей нормы. Уровень креатинина снизился до верхнего предела референсных значений. Остальные показатели анализа были в пределах нормы.

**Таблица 2**  
**Результаты биохимического анализа крови при первичном обращении**

Показатель	Результат	Референсные значения
АЛТ, Ед./л	71,5	9–58
АСТ, Ед./л	39,2	8–42
Билирубин общий, мкмоль/л	8,0	3,0–13,5
Общий белок, г/л	58,3	54–75
Альбумин, г/л	33	22–39
Мочевина, ммоль/л	8,9	До 9
Креатинин, мкмоль/л	152	44–128
Глюкоза, ммоль/л	3,9	До 6
$\alpha$ -Амилаза, Ед./л	1603	До 1700

Для лечения эрлихиоза препаратом выбора является доксициклин, относящийся к полусинтетическим тетрациклиновым антибиотикам широкого спектра действия [2, 3, 6, 11]. Для терапии использовали таблетки Юнидокс солютаб, содержащие 100 мг доксициклина [12]. Препарат назначали перорально во время еды 2 раза в день по 2 таблетки в течение 28 дней.

Побочными эффектами лекарственного средства Юнидокс солютаб являются анорексия, подавление бактерий, продуцирующих витамин В, поражение печени, увеличение остаточного азота мочевины, гипокалиемия и др. [12]. Действительно, анализ содержания электролитов показал небольшое снижение содержания ионов калия (табл. 3). Поэтому собаке задавали минерально-витаминную добавку Косточка мультивитамин по 2 таблетки 1 раз в день между основным утренним и вечерним кормлением и эубиотик Линекс по 2 капсулы 1 раз в день между утренним и вечерним кормлением в течение одного месяца.

**Таблица 3**  
**Результаты биохимического анализа крови (электролиты) через 2 недели после первичного обращения**

Показатель	Результат	Референсные значения
Фосфор, ммоль/л	1,19	0,81–2,2
Кальций общий, ммоль/л	2,23	1,98–3,3
Железо, мкмоль/л	22	20–30
Калий, ммоль/л	3,97	4,3–6,2
Натрий, ммоль/л	143	138–164
Хлор, ммоль/л	104	96–118

Как жаропонижающее назначали Айнил (активное вещество – кетопрофен). Препарат вводили внутримышечно в дозировке 0,6 мл 1 раз в день в течение двух дней (в день приема и в последующий день при повышении температуры утром до 40 °С).

Гепатопротекторное средство Эссенциале форте Н улучшает состояние печени и нормализует метаболизм белков и липидов [13]. Применяют его и в ветеринарной практике при заболеваниях печени [14, 15]. Активным компонентом препарата являются фосфолипиды соевых бобов [13]. Эссенциале форте Н задавали перорально по 1 капсуле 2 раза в день во время еды в течение 1,5 месяцев.

В качестве диуретика использовали препарат растительного происхождения Канефрон Н. Канефрон назначали 2 раза в день по 1 таблетке в течение 30 дней.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Эрлихиоз сопровождался лейкопенией, тромбоцитопенией, повышением уровней АЛТ, СОЭ и креатинина. При этом гипоальбуминемия не наблюдалась.
2. При лечении эрлихиоза назначали антибиотик доксициклин (препарат Юнидокс солютаб), гепатопротектор Эссенциале форте Н, диуретик Канефрон Н, антипиретик кетопрофен (препарат Айнил), минерально-витаминную добавку Косточка мультивитамин и эубиотик Линекс.
3. Улучшение общего состояния собаки и нормализация основных клинических и биохимических показателей ее крови наблюдалось через 2 недели после начала лечения.

### 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. Цачев И. Ц. Моноцитарный эрлихиоз у собак *Ehrlichia canis* infection / И. Ц. Цачев, И. Д. Димов // VetPharma. – 2011. – № 5–6. – С. 48–53.
4. Логинова Н. В. Эрлихиоз (риккетсиоз 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](http://mosk-vet.ru/dis_ca/par/art.php?ID=764) (дата обращения: 26.11.2019).
5. Эрлихиоз у собак [Электронный ресурс]. URL: [https://vetlab.ru/encyclopedia/erlikhioz\\_sobak/](https://vetlab.ru/encyclopedia/erlikhioz_sobak/) (дата обращения: 21.11.2019).
6. Rickettsial infection in dogs [Электронный ресурс]. URL: <https://wagwalking.com/condition/rickettsial-infection> (дата обращения: 12.11.2019).
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 ветеринаров, 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. Клинико-лабораторные особенности эрлихиоза у собак / С. М. Карташов, А. Г. Ключников, А. М. Ермаков [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2010. – № 4. – С. 24–25.
10. Dog survey in Russian veterinary hospitals: tick identification and molecular detection of tick-borne pathogens / N. N. Livanova, N. V. Fomenko, I. A. Akimov [et al.] // Parasites Vectors. – 2018. – Vol. 11, 591. – P. 1–10.
11. Яковишин Л. А. Физиолого-биохимические особенности и эффективность комплексной терапии при клещевой инфекции у собаки / Л. А. Яковишин, И. В. Адрузов // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72), № 1 – С. 231–239.
12. Юнидокс солютаб® (Unidox solutab®). Инструкция (информация для специалистов) по медицинскому применению препарата. Рег. номер: П N13102/01.
13. Инструкция по применению лекарственного препарата для медицинского применения Эссенциале® форте Н [Электронный ресурс]. URL: <https://essentiale.ru/products/instruction> (дата обращения: 18.09.2020).
14. Ахмедова Д. Р. Сравнительная оценка способов лечения гепатоза у собак / Д. Р. Ахмедова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1. – С. 117–119.
15. Корчагина О. С. Диагностика и лечение гепатоза у служебных собак: автореф. дис. ... канд. вет. наук: 16.00.01 / Корчагина Ольга Сергеевна. – Воронеж. – 2008. – 23 с.

## PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL FEATURES AND THERAPY FOR EHRlichIOSIS IN DOG

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

<sup>1</sup>*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

<sup>2</sup>*Veterinary complex "BION", Sevastopol, Russia*

*E-mail: chemseventu@rambler.ru*

Recently, in various regions of Russia, there has been a significant increase in tick-borne infections in dogs. One of the most common vector-borne tick-borne diseases is ehrlichiosis. In addition, there are mixed infections, including this disease. Among dogs, German shepherd dogs are most often affected by ehrlichiosis. German shepherd dogs also have more severe complications.

Ehrlichiosis is caused by intracellular parasites of the genus *Ehrlichia*. A recent study showed that in Crimea from ticks found *Ehrlichia muris* (Simferopol) and in Sevastopol – *Ehrlichia canis*. *Ehrlichia muris* and *Ehrlichia canis* infect monocytes and cause monocytic ehrlichiosis in dogs.

The diagnosis of ehrlichiosis in a German shepherd dog (male, age 12 years, weight 37 kg) was made based on the epizootic situation in the region (Sevastopol), the season of the year (April), clinical signs, and the results of clinical and biochemical blood tests. Whole blood immunochromatographic analysis showed antibodies to *Ehrlichia canis*. In the analysis of blood smears stained according to Romanovsky-Giemsa, parasites were not detected.

A blood test (at the initial visit) showed that the levels of hemoglobin, lymphocytes, glucose,  $\alpha$ -amylase, total bilirubin and protein were within the normal range, and the



erythrocyte sedimentation rate (ESR) exceeded the upper limit of normal by about 1.5 times, alanine aminotransferase (ALT) – 1.2 times, creatinine – 1.2 times. The content of aspartate aminotransferase (AST) and urea was at the upper limit. The albumin content was 33 g/L, which is within the reference values. Thus, hypoalbuminemia, which often occurs in ehrlichiosis, was not recorded in our case.

In addition, the content of leukocytes and platelets was less than the lower limit of the norm, respectively, 1.5 and 2.1 times. The results of clinical and biochemical blood tests indicate leukopenia, thrombocytopenia and increased liver enzyme activity (ALT), which, along with an increase in ESR and creatinine, confirm the presence of ehrlichiosis in dogs.

Two days after the start of antibiotic therapy, the temperature was 38.5–38.7 °C, and the activity increased. On the fifth day, morning and evening temperatures did not exceed 38.4–38.5 °C.

Two weeks after the start of therapy, a blood test showed no leukopenia ( $10.3 \times 10^9 / L$ ) and thrombocytopenia ( $323 \times 10^9 / L$ ). The content of ALT, AST and urea was approximately at the level of the average values of the norm. The creatinine level dropped to the upper limit of the reference values. The rest of the analysis indicators were within the normal range.

The complex therapy regimen included the administration of the antibiotic doxycycline (Unidox solutab; 28 days), hepatoprotector Essentiale forte N (45 days), diuretic Canephron N (30 days), antipyretic ketoprofen (Ainil 10 %; 2 days), mineral and vitamin supplement Kostochka multivitamin (30 days) and eubiotic Linex (30 days).

**Keywords:** ehrlichiosis, dogs, 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. Tsachev I. Ts., Dimov I. D. Monocytic ehrlichiosis in dogs *Ehrlichia canis* infection, *VetPharma*, 5–6, 48 (2011). (in Russ.).
4. 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](http://mosk-vet.ru/dis_ca/par/art.php?ID=764) (Accessed November 26, 2019). (in Russ.).
5. *Ehrlichiosis in dogs*, [https://vetlab.ru/encyclopedia/erlikhioz\\_sobak/](https://vetlab.ru/encyclopedia/erlikhioz_sobak/) (Accessed November 21, 2019). (in Russ.).
6. *Rickettsial infection in dogs*, <https://wagwalking.com/condition/rickettsial-infection> (Accessed November 12, 2019).
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. Kartashov S. M., Klyuchnikov A. G., Ermakov A. M., Prikhodko M. A., Levchenko N. V., Minoransky V. A., Kazadaev A. A. Clinical and laboratory features of ehrlichiosis in dogs, *Veterinaria Kubani*, 4, 24 (2010). (in Russ.).
10. Livanova N. N., Fomenko N. V., Akimov I. A., Ivanov M. J., Tikunova N. V., Armstrong R., Konyaev S. V. Dog survey in Russian veterinary hospitals: tick identification and molecular detection of tick-borne pathogens, *Parasites Vectors*, **11**, 591 (2018).
11. Yakovishin L. A., Adruzov I. V. Physiological and biochemical characteristics and efficiency of complex therapy for tick-borne infections in dog, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **6** (1) 231 (2020). (in Russ.).
12. *Unidox solutab*<sup>®</sup> (*Unidox solutab*<sup>®</sup>). Instructions (information for specialists) on the medical use of the drug. Reg. number: P. N13102/01 (in Russ.).
13. *Instructions for use of the medicinal product for medical use Essentiale*<sup>®</sup> forte N, <https://essentiale.ru/products/instruction> (Accessed September 18, 2020). (in Russ.).
14. Akhmedova D. R. Comparative assessment of methods of hepatitis treatment in dogs, *Izvestia Orenburg State Agrarian University*, 1, 117 (2017). (in Russ.).
15. Korchagina O. S. Diagnostics and treatment of hepatitis in service dogs, *Abstract. of dis. ... cand. vet. sciences* (Voronezh State Agrarian University, Voronezh, 2008), 23 p. (in Russ.).

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского  
Биология. Химия. Том 6 (72). 2020. № 3. С. 283–291.

**УДК 541.1:620.193**

## ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

*Абхаирова С. В.<sup>1</sup>, Аметов И. Э.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова»,  
Симферополь, Республика Крым*

<sup>2</sup>*Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО  
«Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия  
E-mail: sysana70@gmail.com*

В статье рассмотрены проблемы защиты сварных соединений от коррозии с использованием возможностей лазерной абляции. Дана оценка коррозионной стойкости модифицированных поверхностей гравиметрическим методом. Проведен анализ микроструктуры поверхности, свидетельствующий о питтинговой коррозии. Обнаружено, что текстурированные лазером поверхности улучшили антикоррозионные свойства и обладают различной степенью защиты от коррозии в зависимости от типа нанорельефа. Показано, что процесс лазерной обработки позволяет целенаправленно изменять морфологию поверхности и физико-химические свойства стали с образованием супергидрофобных поверхностных и подповерхностных микро- и наноструктур.

**Ключевые слова:** коррозия, лазерная абляция, сталь Ст3, сварные соединения.

### ВВЕДЕНИЕ

Современные задачи изготовления сварных конструкций, работающих в сложных условиях одновременного воздействия коррозионно-активных сред и рабочих нагрузок, требуют новые перспективные способы обработки материалов, учитывающие сложность структуры, неоднородность свойств, наличие остаточных напряжений и так далее. Как известно, скорость износа сварных соединений очень высока и достигает 1–3 мм/год, а материалы, подвергшиеся коррозии, восстановлению не подлежат и существующий расход, составляющий 15–30 % от объема выплавленных сплавов, необходимо постоянно пополнять. Многочисленные исследования свидетельствуют, что несмотря на многообразие форм проявления коррозионных процессов, для железоуглеродистых сплавов наиболее опасной и зачастую приводящей к аварийному разрушению конструкций является локальная коррозия, протекающая с высокой скоростью на сравнительно небольших участках поверхности [1]. К локальной (местной) коррозии относятся: питтинговая коррозия,

язвенная коррозия, щелевая коррозия, межкристаллитная коррозия. Этот тип коррозии протекает по наиболее широко распространенному электрохимическому механизму, который имеет место при контакте сплавов с жидкими электролитами [2]. Причиной электрохимической коррозии является термодинамическая неустойчивость сплавов в природных и технологических средах, при этом сварные соединения характеризуются повышенной макро- и микронеоднородностью по сравнению с основным металлом. Так, в кислых средах имеет место равномерная коррозия, в нейтральных и щелочных растворах наблюдается язвенная и питтинговая коррозия, межкристаллитная коррозия чаще всего возникает в концентрированных растворах щелочей. Поэтому одним из способов, открывающим возможности модификации поверхности сварных соединений с целью улучшения механических, физико-химических характеристик, является лазерная абляция [3].

Под абляцией подразумевают совокупность сложных физико-химических процессов удаления вещества с поверхности или из объема твердого тела. Более узко термин «абляция» обозначает процесс удаления вещества под действием света, обусловленный разрывом химических связей. Однако большинство исследователей рассматривают лазерную абляцию как метод разрушения твердого вещества лазерным импульсом, осложненный наличием в продуктах разрушения конденсированной фазы. Глубина действия лазерного импульса и объем удаляемого вещества зависят от материала, его оптических свойств, а также мощности лазера. При низкой мощности лазера вещество испаряется или сублимируется в виде свободных молекул, атомов и ионов [1]. Современные технологии лазерной обработки позволяют контролировать мощность и длительность воздействия лазерного луча в диапазоне от нано- до фемтосекунд [4].

Большинство исследований направлено на модификацию поверхностного слоя металлов и сплавов с целью их упрочнения [5], использованию ингибиторов коррозии [6], при этом практически отсутствуют работы по исследованию возможностей лазерной абляции для увеличения стойкости к коррозии сварных соединений.

**Целью настоящей работы** состоит в установлении закономерностей влияния лазерной абляции на коррозионную стойкость сварных соединений из углеродистых сталей.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования в работе служили углеродистая сталь марки Ст3, которая широко используется в производстве несущих элементов сварных и несварных конструкций, деталей машин и механизмов, работающих при положительных температурах. Химический состав стали приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав стали Ст3 [7]

Марка стали	Содержание элементов, масс. %									
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
Ст3	0,14– 0,22	0,05– 0,17	0,40– 0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,130	до 0,30	до 0,08	~ 97

В работе исследовано воздействие лазерного излучения длиной волны 1,064 мкм на сталь Ст3 при длительности импульса 10 нс и с максимальной энергией в импульсе – 1 мДж. Модифицирование поверхности сварного шва методом лазерной абляции было проведено на экспериментальной установке МиниМаркер 2-20А4 с волоконным иттербиевым лазером, IPG Photonics. Поверхности образцов были отполированы тонкой бумагой карбида кремния для удаления естественного слоя окисления и загрязнения. Воздействие происходило в воздушной среде, максимальная мощность излучения составляла 20 Вт, частота повторения импульса – 200 кГц. Образец, помещенный под линзу объектива, перемещался с помощью точного компьютерного управления X-Y-Z при шаге разрешения 50 нм и максимальной скорости 1000 мм/с. Режимы лазерной абляции образцов в воздухе для проведения экспериментальных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Режимы лазерной абляции пластин из стали марки Ст3 в воздухе

№	Мощность импульса P, Вт	Скорость обработки V, мм/с	Длительность импульсов, нс	Количество проходов
1	20	1000	10	Одинарное покрытие
2	20	1000	10	Одинарное покрытие
3	20	1000	10	Двойное перекрестное покрытие

Анализ микроструктуры поверхности проводился на металлографическом микроскопе модели 4XB при увеличении в 250 и 650 раз. Оценку коррозионной стойкости полученных модифицированных поверхностей проводили гравиметрическим методом по ГОСТ 9.905 [8]. Для испытаний использовали плоские образцы размером 80 x 50 x 2 мм<sup>2</sup>, предварительно взвешенные на аналитических весах ВЛ-224В с точностью до 0,0001 г. Для проведения испытаний

в качестве агрессивной среды выбрали 3 % раствор хлорида натрия плотностью 1,02 г/см<sup>3</sup> при 20 °С и атмосферном давлении, в котором пластины выдерживали в течение 14 суток. Для определения потери массы поверхность образцов промывали дистиллированной водой, очищали от продуктов коррозии, высушивали фильтровальной бумагой. Обработку результатов исследований и определение массового ( $K_m$ ) и глубинного ( $\Pi$ ) показателей коррозионной стойкости проводили согласно ЕСЗКС ГОСТ 9.908 [9] по следующим формулам:

$$K_m = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau}$$

где  $K_m$  – массовый показатель коррозионной стойкости, г/м<sup>2</sup>·сут;  $\Delta m$  – изменение массы образца, г;  $S$  – площадь поверхности, м<sup>2</sup>;  $\tau$  – время коррозии, сут

$$\Pi = \frac{K_m}{\rho \cdot 10^{-3}} \cdot 365$$

где  $\Pi$  – массовый показатель коррозионной стойкости, мм/год;  $\rho$  – плотность материала, г/см<sup>3</sup>; 365 – число дней в году. Эффективность действия лазерной абляции оценивали по величине степени защиты поверхности:

$$Z = \frac{K_{m_0} - K_m}{K_{m_0}} \cdot 100\%$$

где  $K_{m_0}$  – массовый показатель коррозионной стойкости необработанного образца, г/м<sup>2</sup>·сут;  $K_m$  – массовый показатель коррозионной стойкости обработанного образца, г/м<sup>2</sup>·сут.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования по величине глубинного показателя определили группу и балл коррозионной стойкости образцов, результаты расчетов представлены в таблице 3.

Было обнаружено, что текстурированная лазером поверхность улучшила антикоррозионные свойства, значения массового и глубинного показателей коррозии оказались значительно ниже, чем для необработанной поверхности. При этом коррозионная стойкость первого образца по сравнению с контрольным необработанным образцом увеличилась на 25,1 %, второй и третий образцы оказались менее чувствительными к агрессивной среде, эффективность действия лазерной абляции составила 29,1 % и 33,3 % соответственно. Лучший результат был получен для образца с перекрестным покрытием.

Таблица 3  
 Результаты коррозионных испытаний до и после лазерной абляции

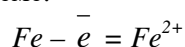
№	Материал пластины и вид обработки	$K_m$ , г/м <sup>2</sup> ·сут	П, мм/год	Эффективность, %	Балл / группа коррозионной стойкости
1	Ст3 необработанный образец	2,9188	0,1356	-	6/ пониженностойкая
2	Ст3 одинарное вертикальное покрытие	2,1876	0,1016	25,1	6/ пониженностойкая
3	Ст3 одинарное горизонтальное покрытие	2,079	0,0962	29,1	5/ стойкая
4	Ст3 двойное перекрестное покрытие	1,9450	0,0904	33,3	5/ стойкая

Обработанные лазером поверхности были исследованы при помощи металлографического микроскопа модели 4XB при увеличении в 250 и 650 раз (табл. 4). На изображении микроструктур коррозионные поражения на поверхности текстурированных пластин распределены неравномерно, что свидетельствует о наличии питтинговой коррозии, которая протекает с разной скоростью на разных участках поверхности [9].

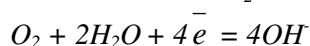
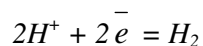
Причиной коррозии обычной углеродистой стали во влажной атмосфере является возникновение гальванических микроэлементов, анодными участками которых является ферритная фаза, а катодными – включения углерода в виде графита или цементита [10].

В процессе коррозии, т.е. при самопроизвольном растворении металлов, с одинаковой скоростью протекают как минимум две сопряженные параллельные электродные реакции [11]:

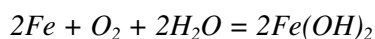
анодное окисление железа по схеме:



и реакция катодного восстановления окислителя (деполяризатора), которая зависит от величины pH:



общее уравнение коррозии имеет вид:



а гидроксид железа (II) окисляется на воздухе до гидроксида железа (III). Образующийся на поверхности микрогальванический элемент можно представить следующей схемой:

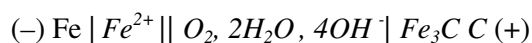
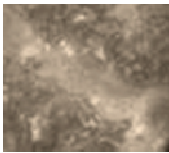
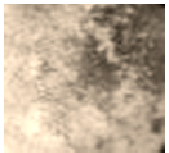
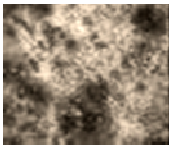
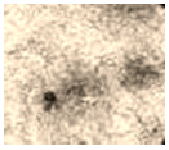
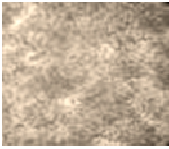
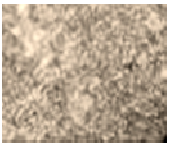
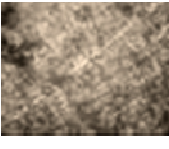
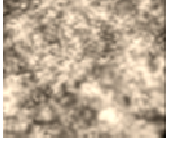


Таблица 4

Результаты металлографического исследования

№ п/п	Материал пластины и вид обработки	Поверхность текстурированных пластин после испытаний на коррозионную стойкость	
		250х	650х
1	Ст3 необработанный образец		
2	Ст3 абляция в воздухе/одинарное вертикальное покрытие		
3	Ст3 абляция в воздухе/ одинарное горизонтальное покрытие		
4	Ст3 абляция в воздухе/ перекрестное покрытие		

Наличие в стали примесей серы, меди и фосфора способствуют протеканию коррозионных процессов с кислородной и водородной деполяризацией. Ионы хлора агрессивных сред также оказывают влияние на процесс коррозии и причиной активирующей способности ионов хлора является их высокая адсорбируемость на металле. Хлор-ионы вытесняют пассиваторы с поверхности металла, способствуют



растворению пассивирующих плёнок и облегчают переход ионов металла в раствор. Особенно большое влияние ионы хлора оказывают на растворение железа, хрома, никеля, алюминия.

Абляционные процессы приводят к существенным изменениям физико-химических и морфологических свойств поверхности и способствуют образованию супергидрофобных поверхностей. Полученные данные подтвердили, что различная степень защиты от коррозии зависит от типа нанорельефа. При действии лазера на обработанной поверхности двухуровневые микро- и наношероховатости в виде микровыступов размером  $\sim 15$  мкм в форме шипов, которые в свою очередь покрыты небольшими наночастицами диаметром  $\sim 100$  нм («эффект лотоса»). При контакте с агрессивной водной средой, в нашем случае, с раствором хлорида натрия 3%, на такой поверхности возникают воздушные зазоры между водой и микро- и наноструктурами соответственно. Для сравнения: размеры радиусов молекулы воды, атома хлора и иона хлора соответственно равны 0,280, 0,099 и 0,181 нм. Площадь контакта воды с супергидрофобной металлической поверхностью намного меньше, чем с необработанной поверхностью, что и способствует улучшению антикоррозионных свойств материала. Кроме того, углерод обладает большим количеством аллотропных модификаций благодаря наличию различных гибридизаций ( $sp^3$ ,  $sp^2$  и  $sp$ ), возможно, что в графитовой фазе стали могут происходить фазовые изменения с образованием более упорядоченной структуры, что также способствует увеличению коррозионной стойкости стали. Таким образом формируется новая морфология поверхности и новая внутренняя структура материала, изменяются физико-химические свойства [2].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате гравиметрических испытаний установлено, что текстурированная лазером поверхность обладает лучшими антикоррозионными свойствами в сравнении с необработанной поверхностью.
2. Обнаружено, что степень защиты от коррозии зависит от типа нанорельефа и достигается за счет уменьшения площади контакта воды с супергидрофобной поверхностью. Максимальная эффективность предотвращения коррозии (33,3%) наблюдается для поверхностей с перекрестным покрытием.

#### Список литературы

1. Cha G. Nanoscale patterning of microtextured surfaces to control superhydrophobic robustness / G. Cha, J. W. Yi, M.-W. Moon, [et al.] // *Langmuir*. – 2010. – Vol. 26, № 11. – P. 8319–8326.
2. Тюрин А. Г. Диаграммы химической и электрохимической устойчивости железоуглеродистых сплавов в водных средах, содержащих сероводород / А. Г. Тюрин, И. В. Костицына, Д. А. Мананников, В. П. Паршуков // *Материалы VI Международного симпозиума. Фундаментальные и прикладные проблемы науки*. – М.: РАН, 2011. – Т.2. – С. 234–241.
3. Солдатов А. Н. Эффект лазерной резонансной абляции в микро- и нанотехнологиях / А. Н. Солдатов, А. В. Васильева // *Известия Томского политехнического университета. Математика и механика. Физика*. – 2008. – Т. 312, № 2. – С. 81–85.
4. Chen F. Anisotropic wetting on microstrips surface fabricated by femtosecond laser / F. Chen, D. Zhang, Q. Yang, X. [et al.] // *Langmuir*. – 2011. – Vol. 27, №. 1. – P. 359–65.

5. Костицына И. В. Влияние концентрации хрома, температуры и давления CO<sub>2</sub> на коррозионную стойкость насосно-компрессорных труб / И. В. Костицына, А. Г. Тюрин, В. П. Паршуков, А. И. Бирюков // Вестник ЮурГУ. Серия «Химия». – 2012. – Вып. 8, № 13 (272). – С. 30–37.
6. Вигдорович В. И. Ингибирование сероводородной и углекислотной коррозии металлов. Универсализм ингибиторов / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова– М.: Изд-во КАРТЭК, 2011. – 244 с.
7. ГОСТ 380 – 2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. – М.: Стандартинформ, 2005. – 12 с.
8. ГОСТ Р 9.905 – 2007. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2007. – 21 с.
9. ГОСТ 9.908 – 85. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 20 с.
10. Иоффе А. В. Влияние химического состава и структуры на стойкость нефтепроводных труб к углекислой коррозии / А. В. Иоффе, М. А. Выбойщик, Е. А. Трифонова, П. В. Суворов // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2010. – № 2. – С. 9–14.
11. Улиг Г. Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Г. Г. Улиг, Р. У. Ревы ; [Пер. с англ. под ред. А. М. Сухотина]. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.

## **ENHANCING THE CORROSION RESISTANCE OF CARBON STEEL WELDED JOINTS**

*Abkhairova S. V.<sup>1</sup>, Ametov I. E.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Crimean Engineering and Pedagogical University, Simferopol, Crimea,*

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

*E-mail: sysana70@gmail.com*

The problem of protecting welded joints from corrosion using the capabilities of laser ablation was studied. An assessment of the corrosion resistance of modified surfaces by the gravimetric method was given. Modification of the weld surface by laser ablation was performed using the experimental setup MiniMarker 2-20A4 with an ytterbium fiber laser, IPG Photonics. For testing purposes, as an aggressive environment 3 % sodium chloride solution with a density of 1,02 g/cm<sup>3</sup> at 20 °C and atmospheric pressure was chosen, and the plates were kept in such an environment for 14 days. The laser-textured surface was found to have improved anti-corrosion properties, but had different degrees of corrosion protection depending on the type of nanorelief. While the corrosion resistance of the first sample increased by 25,1 % in comparison with the control untreated sample, the second and third samples suffered the least corrosion and appeared to be less sensitive to an aggressive environment.

The analysis of the surface microstructure was performed, indicating pitting corrosion. Such analysis was carried out using 4XB metallographic microscope at magnifications of 250 and 650 times. In the image of microstructures, corrosion damage on the surface of textured plates is unevenly distributed, which indicates the presence of pitting corrosion that proceeds at different rates in different parts of the surface. Corrosion of ordinary carbon steel in a humid atmosphere is caused by the appearance of galvanic

microelements, having the ferrite phase as anodic areas and carbon inclusions in a form of graphite or cementite as cathodic areas.

The laser-textured surfaces were found to have improved anti-corrosion properties. Under the impact of the laser on the treated surface, two-level micro- and nano-roughness is formed in a form of thorn-looking micro-protrusions with a size of ~ 15 microns, which in turn are covered with small nanoparticles having a diameter of ~ 100 nm («lotus effect»). Upon contact with an aggressive aqueous environment (3 % sodium chloride solution in our case), air gaps appear on such a surface between water and micro- and nanostructures, respectively. The area of contact of water with a superhydrophobic metal surface is much smaller than with an untreated surface, which contributes to the improvement of the anticorrosive properties of the material. In addition, carbon has a large number of allotropic modifications due to the presence of various hybridizations ( $sp^3$ ,  $sp^2$ , and  $sp$ ); it is possible that phase changes can occur in the graphite phase of steel with the formation of a more ordered structure, which also contributes to an increase in the corrosion resistance of steel. Thus, a new surface morphology and a new internal structure of the material are formed, and the physicochemical properties are changed.

**Keywords:** corrosion, laser ablation, steel St3, welded joints.

### References

1. G. Cha, J. W. Yi, M.-W. Moon, K.-R. Lee, and H.-Y. Kim, Nanoscale patterning of microtextured surfaces to control superhydrophobic robustness, *Langmuir*, **26** (11), 8319 (2010).
2. Tyurin A. G., Kostitsyna I. V., Manannikov D. A., Parshukov V. P. Diagrams of chemical and electrochemical stability of iron-carbon alloys in aqueous media containing hydrogen sulfide. Proceedings of the VI International Symposium, *Fundamental and Applied Problems of Science*, **2**, 234 (Moscow, RAS, 2011)
3. Soldatov A. N., Vasilyeva A. V. Effect of laser resonant ablation in micro- and nanotechnology, *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Mathematics and Mechanics. Physics*, **312** (2), 81 (2008). (in Russ.)
4. F. Chen, D. Zhang, Q. Yang, X. Wang, B. Dai, and X. Li, Anisotropic wetting on microstrips surface fabricated by femtosecond laser, *Langmuir*, **27** (1), 359 (2011).
5. Kostitsyna I. V., Tyurin A. G., Parshukov V. P., Biryukov A.I. Influence of chromium concentration, temperature and pressure of CO<sub>2</sub> on the corrosion resistance of tubing, *Bulletin of YURSU. Chemistry series*, **8** (13), 30 (2012). (in Russ).
6. Vigdorovich V. I., Tsygankova L. Ye. *Inhibition of hydrogen sulfide and carbon dioxide corrosion of metals. Universalism of inhibitors*, 244 p. (Publisher: KARTEK, Moscow, 2011). (in Russ).
7. GOST 380 – 2005. Carbon steel of ordinary quality. Stamps. 12 p. (Standartinform, Moscow, 2005). (in Russ).
8. GOST R 9.905-2007. Unified system of protection against corrosion and aging. Corrosion test methods. General requirements. 21 p. (Standartinform, Moscow, 2007). (in Russ).
9. GOST 9.908 – 85. Unified system of protection against corrosion and aging. Metals and alloys. Methods for determination of indicators of corrosion and corrosion resistance, 20 p. (Publishing house of standards, Moscow, 1990). (in Russ).
10. Ioffe A. V., Vyboyschik M. A., Trifonova E. A., Suvorov P. V. Influence of the chemical composition and structure on the resistance of oil pipelines to carbon dioxide corrosion, *Metallurgy and heat treatment of metals*, **2**, 9, (2010). (in Russ).
11. Uhlig G. G., Revi R. W. *Corrosion and fight against it. Introduction to corrosion science and technology*: transl. from english; edited by A. M. Sukhotina, 456 p. (Chemistry, Leningrad, 1989). (in Russ).

**УДК 543.067.5**

## **ПЬЕЗОСОРБЦИОННЫЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ БЕНЗИНОМ**

*Кочетова Ж. Ю.<sup>1</sup>, Внукова С. В.<sup>1</sup>, Дубачева А. В.<sup>2</sup>, Кучменко Т. А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия*

<sup>2</sup>*Муниципальное бюджетное образовательное учреждение Лицей № 2 г. Воронежа, Россия*

<sup>3</sup>*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия*

*E-mail: zk\_yva@mail.ru*

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:** пьезокварцевый резонатор, многослойные углеродные нанотрубки, сорбция паров бензина, загрязнение почв.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Пары легких нефтепродуктов от автозаправок, станций перекачки и хранилищ топлива переносятся с атмосферным воздухом на значительные расстояния. При аварийных разливах топливо распространяется на прилегающие к источникам загрязнения территории с последующим сносом дождевыми осадками. Легкие нефтепродукты относятся к веществам 4 класса опасности (предельно допустимая концентрация в почве с учетом фона ПДК=100 мг/кг), однако подвижные нефтеуглеводороды могут фильтроваться в нижние слои грунтов, концентрироваться на естественных геохимических барьерах десятилетиями и образовывать подземные динамичные скопления – топливные линзы. Чистое топливо попадает в подземные воды и открытые водоемы, загрязняя питьевую воду и нанося огромный ущерб окружающей среде [1].

Бензин и керосин быстро испаряются, и уже через сутки после разлива в поверхностном слое почв остается ~ 20–25 % от их начальной концентрации. При постоянном воздействии источников выбросов в течение длительного времени в толще грунтов накапливается экологически опасное содержание нефтеуглеводородов, достигающее сотен ПДК, как, например, на территории нефтебазы «Красное знамя», функционирующей в г. Воронеж с 1938 года [2]. За это

время под нефтебазой сформировалась топливная линза толщиной в 1,3 м, которая мигрирует к Воронежскому водохранилищу [3].

Для лабораторного определения нефтепродуктов в почве распространен метод гравиметрии, как наиболее точный и экономичный [1]. Он основан на способности нефтепродуктов количественно переходить из почвы в органические растворители, затем полярные углеводороды отделяют на колонке с оксидом алюминия и взвешивают остаток на аналитических весах. В качестве растворителей используют токсичные хлороформ, гексан и хлористый метилен. Основным недостатком метода является его высокая трудоемкость и длительность исполнения. Кроме того, на полноту извлечения нефтяных углеводородов из почв влияют многие факторы: тип почв, марка нефтепродуктов, время от начала загрязнения [4]. Из распространенных на современном рынке концентратометров по своим эксплуатационным характеристикам следует отметить ИК-спектрометры серии КН, АН, ИКН-025 [5]. Для рутинного контроля загрязнения почв нефтепродуктами применяют дорогостоящий инфракрасный Фурье-спектрометр «Инфралюм ФТ-08», требующий наличия для градуировки прибора и пробоподготовки токсичные реактивы и дополнительное оборудование, строгое соблюдение температурного режима при приготовлении растворов [6].

Высокая стоимость эколого-аналитических исследований приводит к сокращению числа точек мониторинга и перечня соединений, подлежащих обязательному контролю [7]. Поэтому вопрос разработки экономичных методик определения загрязнителей объектов окружающей среды в полевых условиях без пробоотбора и пробоподготовки чрезвычайно актуален. Внимание ученых привлекает создание сенсорных измерительных устройств, как наиболее экономичных, мобильных, экспрессных, характеризующихся удовлетворительными метрологическими характеристиками [8]. Метод пьезокварцевого микровзвешивания паров легколетучих веществ над поверхностью почвы является одним из перспективных направлений аналитического приборостроения для экологического мониторинга объектов окружающей среды [9, 10]. Ранее на основе пьезокварцевого резонатора был разработан анализатор керосина с высокими эксплуатационными характеристиками [11]. Сложность его применения заключается в том, что для исследований необходима проба сравнения, представляющая собой грунт того же типа, не загрязненный нефтеуглеводородами, что не всегда выполнимо в реальных условиях. При этом максимальный вклад в погрешность определения диффундирующих из почвы легколетучих углеводородов пьезосорбционным методом вносит влажность почвы.

Цель исследования – разработка экономичной, точной экспрессной методики пьезосорбционного определения бензина в почве в широких интервалах рабочих концентраций, температур и влажности почвы, не требующей пробы сравнения.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Чувствительный элемент пьезосорбционного анализатора – кварцевая пластина АТ-среза с собственной частотой колебаний  $F_0 = 9-11$  МГц, на которую с двух сторон напылены металлические электроды с диаметром 5 мм (АО «Пьезо»,

г. Москва). При подключении к ним переменного напряжения кварцевая пластина колеблется с определенной частотой за счет обратного пьезоэффекта. При определенной частоте переменного напряжения в колебательной системе наступает резонанс. Приращение массы вещества на поверхности электродов при нанесении на них пленок сорбентов ( $m_{пл}$ , мкг) или адсорбции аналитов ( $m_{ан}$ , мкг) вызывает изменение резонансной частоты колебаний пьезокварцевой пластины на величину  $\Delta F = -km$  (где  $k$  – константа, зависящая от заводских характеристик пьезокварца) [12]. Масса адсорбата, в свою очередь, функционально связана с концентрацией паров аналита в околосенсорном пространстве и его содержанием в испытуемом образце почвы ( $C$ , мг/кг).

Для повышения чувствительности ( $S = \Delta F/C$ , Гц·кг/мг) и селективности микровзвешивания паров аналитов электроды кварцевой пластины модифицируют тонкими покрытиями из стандартных газохроматографических сорбентов, твердых фаз (наноструктуры), экстрактов из природных объектов и их растворов [13]. Сорбционная емкость покрытия электродов ( $a = m_{пл}/m_{ан}$ ) определяет верхний предел обнаружения метода. От природы покрытия электродов зависят также «время жизни» чувствительного элемента (число циклов «сорбция-десорбция» без изменения структуры покрытия), относительная погрешность микровзвешивания ( $\delta$ ) и кинетические характеристики сорбции паров аналитов (время сорбции  $\tau_c$ , время удерживания  $\tau_{1/2}$ ).

Для детектирования паров бензина в качестве чувствительного покрытия электродов пьезокварца ранее были выбраны многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ). Они являются универсальным адсорбентом с высокой устойчивостью к нефтеуглеводородам и уникально высокой сорбционной емкостью [14]. Однако из-за низкой избирательности происходит брутто-взвешивание паров легких углеводородов, воды и естественных газов, содержащихся в почве (продуктов жизнедеятельности микроорганизмов).

Углеродные нанотрубки синтезировали газофазным химическим осаждением при пиролизе этанола в Черноголовке (рабочая группа С. С. Гражулене) [15]. Сорбционные покрытия на электродах пьезокварца формировали методом суспензирования, как указано в патенте [16].

Модифицированную МУНТ пьезокварцевую пластину закрепляют в держателе ячейки детектирования, который соединен с миниатюрными генератором частоты колебаний, частотомером и процессором, служащим для регистрации, преобразования сигналов пьезокварца и передачи их на цифровое табло (Рис. 1). Для определения бензина в почве использовали анализатор газов, разработанный на базе Воронежского государственного университета инженерных технологий (ООО «Сенсорика – новые технологии»).

Возможно проводное и беспроводное подключение датчика к любому устройству для отображения и хранения информации. Анализатор работает от сети или аккумулятора в течение двух суток без подзарядки. Ячейка детектирования выполнена из инертного материала (нержавеющей стали или стекла) в виде полого цилиндра без дна [17]. Перед каждым измерением фиксируют частоту колебания пьезокварцевого резонатора  $F_0$ , ненагруженного парами углеводородов. Затем

цилиндр открытой частью с острыми краями плотно, чтобы создать герметичность внутри ячейки детектирования, устанавливают на почву. Пары легколетучих соединений из нее диффундируют в верхнюю часть цилиндра – к пьезокварцу, частота колебаний которого уменьшается по мере их адсорбции. Измерения проводят с шагом  $\tau = 5$  с до установления условного равновесия в системе «почва-воздух», о чем свидетельствует замедление изменения частоты колебаний пьезокварца до 3 Гц/мин. Фиксируют минимальную частоту колебаний пьезокварца  $F$  и рассчитывают аналитический сигнал  $\Delta F = F_0 - F$ .

Концентрацию бензина в почве определяют по заранее построенным в лаборатории градуировочным графикам. Для их построения готовят серию стандартных проб бензина в почве в интервале концентраций 10–800 мг/кг. Масса каждой пробы составляет не менее 50 г. В стандартные образцы чистой сухой почвы также добавляют воду, моделируя естественные условия, когда весовая влажность почвы  $W$  изменяется в интервале от 0 до 12 %. Более высокая влажность почвы приводит к ее текучести, и анализ в естественных условиях проводить не целесообразно. Пробы после приготовления тщательно перемешивают и помещают в герметичные склянки. При необходимости их можно хранить при температуре не выше  $-6^\circ\text{C}$  в течение суток. Перед измерением температуру проб в склянках доводят до комнатной, затем высыпают почву на ровную плоскую поверхность так, чтобы открытая часть цилиндра ячейки детектирования накрывала ее полностью, и фиксируют изменение частоты колебаний пьезокварца, как указано выше.

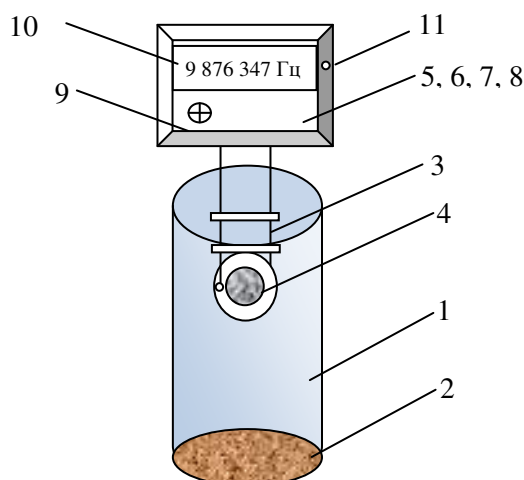


Рис. 1. Схема анализатора легких нефтепродуктов в почве.

1 – ячейка детектирования с открытым входом; 2 – почва; 3 – держатель пьезокварца; 4 – пьезокварц; 5 – генератор колебаний пьезокварца; 6 – микропроцессор; 7 – микрочастотомер; 8 – аккумулятор; 9 – защитный корпус; 10 – электронное табло; 11 – разъем для подключения устройства

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Объем ячейки детектирования значительно влияет на кинетические параметры сорбции анализов [18]. Для снижения влияния паров воды на микровзвешивание легких углеводородов высоту классической ячейки детектирования ( $h = 5$  см) увеличивали в несколько раз. При  $h \geq 50$  см кинетика диффузии из почвы и сорбции на МУНТ паров воды и нефтепродуктов становится различимой даже при  $W = 12\%$  (Рис. 2).

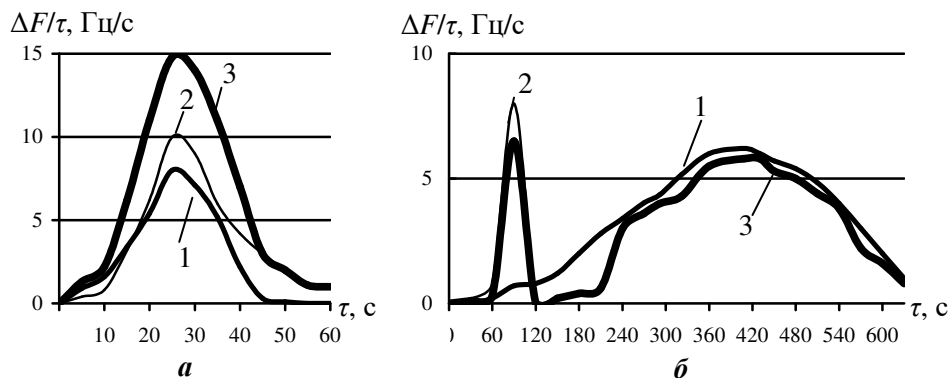


Рис. 2. Кинетические кривые сорбции на МУНТ 1) паров бензина ( $C = 5$  мг/кг); 2) паров воды ( $W = 12\%$ ); 3) паров бензина и воды, присутствующих в почве одновременно ( $C = 5$  мг/кг;  $W = 12\%$ ), полученные при  $22 \pm 0,2$  °С с использованием ячеек детектирования с высотой а)  $h = 5$  см; б)  $h = 50$  см.

Увеличение объема ячейки детектирования дает возможность определять концентрацию нефтепродуктов в почве без дополнительных устройств для измерения ее влажности. Однако при низких концентрациях бензина в почве время измерения увеличивается более, чем в 10 раз. С увеличением уровня загрязнения почвы бензином время установления равновесия в ячейке детектирования сокращается и при  $C = 750\text{--}800$  мг/кг не превышает 300 с.

Время сорбции паров бензина увеличивается с повышением влажности почвы, а аналитический сигнал незначительно снижается, что объясняется наличием дополнительных связей бензина с водой, адсорбированной на частицах почвы, и снижением интенсивности диффузии углеводородов из ее слоя.

Время удерживания воды при температуре почвы  $5\text{--}35$  °С в исследуемом интервале ее влажности изменяется незначительно ( $\tau_{1/2} = 60\text{--}100$  с). Время удерживания бензина минимально при концентрации его в почве 800 мг/кг и при  $35$  °С оно составляет 120 с. Таким образом, верхние границы рабочих температур и концентраций метода ограничены селективностью микровзвешивания паров воды и бензина.

Флуктуации частоты колебаний пьезокварца на кинетической кривой сорбции паров бензина (Рис. 2б, линия 3) усиливаются с увеличением его концентрации и влажности почвы. Это может быть связано, с одной стороны, с неравномерностью



диффузии бензина из пор почвы, заполненных водой, а с другой – с особенностями установления равновесия в системе «сорбент-сорбат» в результате последовательной сорбции на МУНТ паров воды и легких углеводородов. Так как молекулы воды частично заполняют поры углеродных нанотрубок, то бензин взаимодействует не только с МУНТ, но и с водой. При достижении критической массы бензина на адсорбированной воде конгломераты воды и бензина десорбируют из МУНТ, что сопровождается замедлением изменения частоты колебания пьезокварца.

Градуировочный график в интервале концентраций бензина в почве  $C = 5\text{--}800$  мг/кг при различной ее влажности представлен на Рис. 3, он описывается усредненным уравнением:  $C = \Delta F/1,39$ .

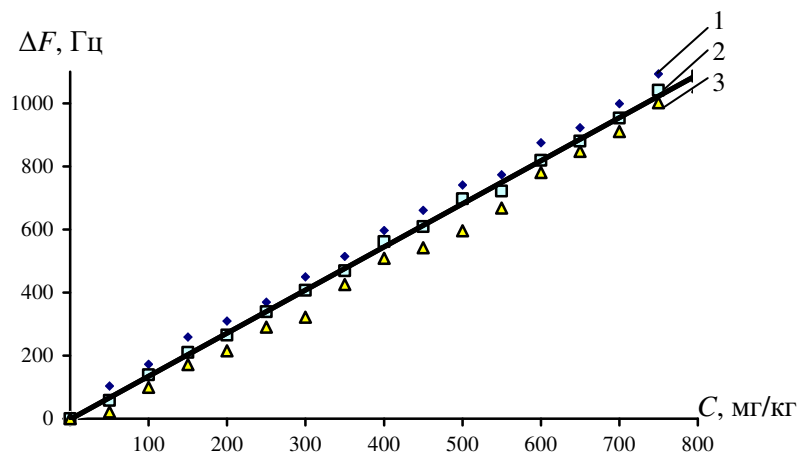


Рис. 3. Изотермы сорбции паров бензина над почвой при ее температуре  $t = 22 \pm 0,2$  °С и влажности  $W$  1) 0; 2) 6; 3) 12 %.

Для учета интенсивности десорбции бензина с поверхности частиц почвы при различных температурах почвы устанавливали температурный коэффициент  $k$ . Готовили серию проб сухой почвы с одинаковыми концентрациями бензина ( $C = 400$  мг/кг), которые термостатировали при  $t = 5\text{--}35$  °С с шагом 5 °С и измеряли над каждой аналитический сигнал микровзвешивания паров бензина  $\Delta F'$ . Температурный коэффициент рассчитывали по уравнению линейной интерполяции:

$$k = (\Delta F - \Delta F') / (t - t'), \quad (1)$$

где  $\Delta F$  и  $\Delta F'$  – аналитические сигналы паров бензина над почвой при температуре построения градуировочного графика  $t$  и температуре анализируемой почвы  $t'$ .

Температурный коэффициент в изученном интервале температур почвы изменяется неравномерно: до 15 °С среднее значение  $k$  составляет  $1,6 \pm 0,2$  Гц/°С; выше 15 °С –  $k = 3,1 \pm 0,5$  Гц/°С. Полученные результаты объясняются неравномерной зависимостью давления насыщенных паров легких нефтепродуктов от температуры [19]. С повышением влажности почвы при прочих равных условиях

температурный коэффициент сорбции паров бензина незначительно снижается, что мало влияет на погрешность определения концентрации бензина методом пьезокварцевого микровзвешивания.

В полевых условиях перед измерением необходимо снять верхний слой почвы высотой 5–10 см, из которого легколетучий бензин быстро испаряется; анализируемую почву взрыхлить и измерить ее температуру. На подготовленную почву установить плотно цилиндр ячейки детектирования и измерить  $\Delta F$ , как указано выше. По полученной градуировочной зависимости (Рис. 3) рассчитать концентрацию бензина в почве с учетом температурного коэффициента:

$$C = [\Delta F \pm k(22 - t')] / 1,39. \quad (2)$$

Апробацию методики проводили в лаборатории «Центра гигиены и эпидемиологии № 97» Федерального медико-биологического агентства России (г. Воронеж). В качестве арбитражного метода использовали гравиметрический [1]. Оценку погрешности методик проводили также методом «введено-найдено». Результаты измерений представлены в таблице 1.

**Таблица 1**  
**Оценка погрешности измерений концентрации бензина в почве (P=0,95; n=5)**

Пьезосорбционный экспресс-анализ					Метод гравиметрии	
W, %	t, °C	Введено, мг/кг	Найдено, мг/кг	Относительная ошибка определения, %	Найдено, мг/кг	Относительная ошибка определения, %
0	5	15	14,9±1,2	0,7	14,2±1,0	5,3
0	35	500	494±28	1,2	452±14	9,6
2,5	5	10	9,4±1,1	6	9,3±0,9	7
2,5	25	400	387±19	3,3	358±11	11
2,5	35	800	772±17	3,5	702±26	12,3
6	5	10	8,5±1,2	15	9,2±0,9	8
6	25	400	371±23	7,3	356±12	11
6	35	800	766±31	4,3	696±24	13
12	5	10	6,7±1,9	33	8,9±0,9	11
12	25	400	360±22	10	352±14	12
12	35	800	752±34	6	696±25	13

Результаты гравиметрического измерения содержания бензина в почве занижены максимум на 13 % от истинного значения, что связано, в первую очередь, с длительной пробоподготовкой и испарением легких углеводородов при повышении температуры почвы. Влажность почвы на гравиметрическое определение бензина в ней не оказывает значительного влияния.

Напротив, с увеличением содержания воды в исследуемой почве растет погрешность измерения паров бензина методом пьезокварцевого микровзвешивания. При низких концентрациях бензина в почве (10 мг/кг) и при

высокой влажности ( $W = 12\%$ ) относительная ошибка определений максимальна и составляет 33%. Температура при концентрациях бензина в почве выше  $C = 100$  мг/кг не оказывает значительное влияние на результаты анализа.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные портативный пьезосорбционный анализатор газов и методика с его применением позволяют в полевых условиях с высокой точностью определять содержание бензина в почве в широком интервале концентраций (5–800 мг/кг) и температур (5–35 °С). На точность определения оказывает влияние высокая влажность почв ( $W \sim 12\%$ ). При меньшем значении  $W$  относительная ошибка микровзвешивания паров бензина не превышает 15%, при этом не требуются дополнительные измерения влажности почвы.

Основными достоинствами способа оценки уровня загрязнения почвы бензином являются экономичность и экспрессность, которые достигаются за счет исключения длительных и трудоемких стадий пробоотбора, пробоподготовки, сложных математических расчетов результатов эксперимента, а также благодаря уникальной конструкции ячейки детектирования с открытым входом. Изменение объема ячейки детектирования позволяет варьировать кинетические параметры сорбции аналитов, присутствующих в почве, и определять их отдельно.

Пьезосорбционный анализатор газов отличается энерго- и ресурсоэкономичностью; чувствительный элемент анализатора на основе универсального сорбента из многослойных углеродных нанотрубок после 2–2,5 тыс. измерений легко заменяется на аналогичный; проведение эксперимента не требует наличия дополнительных расходных материалов и высокой квалификации химиков-лаборантов.

Способ экспресс-анализа уровня загрязнения бензином почвы и грунтов на разной глубине использован на территории нефтебазы «Красное знамя» [2]. С помощью предложенного пьезосенсорного анализатора возможно оконтуривание и оценка масштабов топливных линз.

### Список литературы

1. Кочетова Ж. Ю. Экомониторинг нефти и нефтепродуктов в объектах окружающей среды: монография / Ж. Ю. Кочетова. – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 204 с.
2. Косинова И. И. Преобразование абиотических компонентов природной среды в районах длительно существующих объектов логистики нефтепродуктов / И. И. Косинова, В. А. Бударина, О. Г. Фонова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2019. – № 1. – С. 88–92.
3. Велин А. С. Геоэкологические особенности загрязнения грунтов и подземных вод в районе нефтехранилища «Красное знамя», г. Воронеж / А. С. Велин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 158–162.
4. Орлов Д. С. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Д. С. Орлов, В. Д. Васильевская – М.: МГУ, 1994. – 275 с.
5. ПНДФ 16.1:2.21-98. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». – М.: Стандартиформ, 2003. – 16 с.

6. Околелова А. А. Определение содержания нефтепродуктов в почве инструментальными и ИК-спектральными методами / А. А. Околелова, Н. А. Рахимова, А. С. Мерзлякова [и др.] // *Фундаментальные исследования. Геолого-минералогические науки.* – 2014. – № 5-1. – С. 89–92.
7. Подгурская О. А. Изменения законодательства в области охраны атмосферного воздуха: доклад / О. А. Подгурская. – М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2017. – <http://www.good-climate.com/materials/files/47.pdf>.
8. Проблемы аналитической химии / Научный совет по аналитической химии ОХНМ РАН. Т. 14: Химические сенсоры / под ред. Ю. Г. Власова. – М.: Наука, 2011. – 399 с.
9. Ermolaeva T. N. Piezoquartz biosensors for the analysis of environmental objects, foodstuff and for clinical diagnostic / T. N. Ermolaeva, E. N. Kalmykova, O. Yu. Shashkanova // *Russian Journal of General Chemistry.* – 2008. – Vol. 78, No 12. – P. 2430–2444.
10. Кочетова Ж. Ю. Экологические проблемы авиационно-ракетного кластера и оптимизация геомониторинга с применением пьезосенсорного датчика / Ж. Ю. Кочетова, О. В. Базарский, Т. А. Кучменко [и др.] // *Экология и промышленность России.* – 2018. – Т. 22, № 8. – С. 32–38.
11. Kotchetova Z. Y. Rapid assessment of soil pollution with kerosene using a carbon-nanotube-based piezosensor / Z. Y. Kochetova, O. V. Bazarsky, T. A. Kuchmenko // *Moscow University Chemistry Bulletin.* – 2017. – Vol. 72, No 1. – P. 63–68.
12. Малов В. В. Пьезорезонансные датчики / В. В. Малов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 272 с.
13. Кучменко Т. А. Инновационные решения в аналитическом контроле / Т. А. Кучменко. – Воронеж: ВГУИТ, 2009. – 251 с.
14. Kuchmenko T. A. Development of a piezosensor-based transducer, gas-analyzer, and ammonia detector / T. A. Kuchmenko, R. U. Umarkhanov, Z. Y. Kochetova [et al.] // *Journal of Analytical Chemistry.* – 2012. – Vol. 67, No 11. – P. 930–937.
15. Шогенов Ю. Х. Особенности сорбции спиртов нормального и изомерного строения на углеродных наноматериалах / Ю. Х. Шогенов, Т. А. Кучменко, С. С. Гражуглене // *Сорбционные и хроматографические процессы.* – 2009. – Т. 9, Вып. 3. – С. 416–423.
16. Патент на изобретение RU 2379669 С1. Способ формирования на электродах пьезосенсоров сорбционных покрытий из углеродных нанотрубок / Т. А. Кучменко, Ю. Х. Шогенов. – 20.01.2010. – Заявка № 2008150975/28 от 22.12.2008.
17. Патент на изобретение RU 2302627 С1. Газоанализатор с открытым входом на основе пьезосенсоров / Т. А. Кучменко, Ж. Ю. Кочетова, Ю. Е. Силина. – 10.07.2007. – Заявка № 2006102742/28 от 31.01.2006.
18. Kuchmenko T. A. Determination of trace amounts of hydrogen sulfide in a gas flow using a piezoelectric detector / T. A. Kuchmenko, Zh. Yu. Kochetova, Yu. E. Silina [et al.] // *Journal of Analytical Chemistry.* – 2007. – Vol. 62, No 8. – P. 781–787.
19. Гуреев А. А. Производство высокооктановых бензинов / А. А. Гуреев, Ю. М. Жоров, Е. В. Смидович. – М.: Химия, 1981. – 224 с.

## **PIEZOCONE EXPRESS-ANALYSIS OF SOIL CONTAMINATION WITH GASOLINE**

***Kochetova Zh. Yu.<sup>1</sup>, Vnukova S. V.<sup>1</sup>, Dubacheva A. V.<sup>2</sup>, Kuchmenko T. A.<sup>3</sup>***

*<sup>1</sup>Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russian Federation*

*<sup>2</sup>Municipal budgetary educational institution Lyceum No 2 of Voronezh, Russian Federation*

*<sup>3</sup>Voronezh state University of engineering technologies, Voronezh, Russian Federation*

*E-mail: zk\_vva@mail.ru*

A portable piezosorption gas analyzer is presented that allows determining the concentration of light petroleum products in soils in the field without sampling and sample

preparation. The sensor element of the analyzer is a piezo-quartz resonator with a natural oscillation frequency of 9–11 MHz, the electrodes of which are modified with multilayer carbon nanotubes. The conditions for detecting gasoline vapors over contaminated soils in wide temperature ranges (5–35 °C) and concentrations (5–800 mg/kg) were optimized. The accuracy of micro-weighing of gasoline vapors in real conditions is significantly affected by soil moisture.

The original design of the detection cell with an open entrance, which is hermetically installed on the analyzed soil, is proposed. Changing the volume of the detection cell allows you to vary the kinetic parameters of sorption of water vapor and gasoline present in the soil, and determine them separately. When using a detection cell with a height of more than 50 cm, the relative error of microweighing of gasoline vapor does not exceed 15 % and additional measurements of soil moisture are not required.

The main advantages of the method for assessing the level of soil contamination with gasoline are expressiveness and simplicity of execution. The piezosorption gas analyzer is energy- and resource-efficient; the sensor element of the analyzer based on a universal sorbent made of multilayer carbon nanotubes is easily replaced with a similar one after 2–2.5 thousand measurements; the experiment does not require additional consumables and high qualification of laboratory chemists.

A method for rapid analysis of the level of gasoline contamination of soil and soils at different depths was used on the territory of the Krasnoe Znamya oil depot (Voronezh). With the help of the proposed piezosensory analyzer, it is possible to delineate and estimate the scale of fuel lenses.

**Keywords:** quartz crystal resonator, multi-layer carbon nanotubes, sorption of vapors of gasoline, the contamination of soils.

#### References

1. Kotchetova Zh. Yu., *Environmental monitoring of oil and petroleum products in the environment: monograph*, 204 p. (MERC AF "AFA", Voronezh, 2016). (in Russ.).
2. Kosinova I. I., Budarina V. A., Fonova O. G., Dolbilova S. V., Zinchenko E. V., Transformation of abiotic components of the natural environment in areas of long-existing oil products logistics facilities, *Bulletin of the Voronezh state University. Series: Geology*, **1**, 88 (2019). (in Russ.).
3. Velin A. S., Geoecological features of soil and underground water pollution in the area of the "Krasnoe Znamya" oil storage facility, Voronezh, *Bulletin of the Voronezh state University. Series: Geoecology*, **2**, 158 (2017). (in Russ.).
4. Orlov D. S., Vasilevskaya V. D., *Soil and environmental monitoring and soil protection*, 275 p. ("Moscow State University", Moscow, 1994). (in Russ.).
5. PNDF 16.1:2.21-98, *Method of measuring the mass fraction of petroleum products in soil and soil samples using the fluorimetric method on the "Fluorat-02" liquid analyzer*, 16 p. ("Standardinform", Moscow, 2003). (in Russ.).
6. Okolelova A. A., Rakhimova N. A., Merzlyakova A. S., Avilova V. S., Nguen Tien, Determination of the content of petroleum products in the soil by instrumental and IR-spectral methods, *Geological and mineralogical Sciences. Fundamental study*, **5**, 89 (2014). (in Russ.).
7. Podgursky O. A., *Changes in legislation in the field of atmospheric air protection: report*, <http://www.good-climate.com/materials/files/47.pdf>. (Ministry of natural resources and ecology of the Russian Federation, Moscow, 2017). (in Russ.).
8. Vlasov Yu. G., *Problems of analytical chemistry. Scientific Council for analytical chemistry of the Russian Academy of Sciences. Chemical sensor*, 399 p. ("Nauka", Moscow, 2011). (in Russ.).

9. Ermolaeva T. N., Kalmykova E. N., Shashkanova O. Yu., Piezoquartz biosensors for the analysis of environmental objects, foodstuff and for clinical diagnostic, *Russian Journal of General Chemistry*, **78**, 2430 (2008).
10. Kочетова Zh. Yu., Bazarsky O. V., Kuchmenko T. A., Maslova N. V., Environmental problems of the aviation and rocket cluster and optimization of Geomonitoring using a piezosensor sensor, *Ecology and industry in Russia*, **22**, 32 (2018). (in Russ.).
11. Kочетова Z. Y., Bazarsky O. V., Kuchmenko T. A., Rapid assessment of soil pollution with kerosene using a carbon-nanotube-based piezosensor, *Moscow University Chemistry Bulletin*, **72**, 63 (2017).
12. Malov V. V., *Piezoresonance sensors*, 272 p. ("Energoatomizdat", Moskow, 1989). (in Russ.).
13. Kuchmenko T. A., *Innovative solutions in analytical control*, 251 p. ("VGUIT", Voronezh, 2009). (in Russ.).
14. Kuchmenko T. A., Umarchanov R. U., Kochetova Z. Y., Belskikh N. V., Development of a piezosensor-based transducer, gas-analyzer, and ammonia detector, *Journal of Analytical Chemistry*, **67**, 930 (2012).
15. Shogenov Yu. H., Kuchmenko T. A. Features of sorption of alcohols of normal and isomeric structure on carbon nanomaterials, *Sorption and chromatographic processes*, **9**, 416 (2009). (in Russ.).
16. Kuchmenko T. A., Shogenov Yu. H. *Method for forming piezosensors of sorption coatings made of carbon nanotubes on electrodes*, Patent for invention, RU 2379669 C1 (2010). (in Russ.).
17. Kuchmenko T. A., Kochetova Z. Y., Silina Yu. E., *Gas analyzer with an open entrance*, Patent for invention, RU 2302627 C1 (2007). (in Russ.).
18. Kuchmenko T. A., Kochetova Zh. Yu., Silina Yu. E., Korenman Ya. I., Kulin L. A., Lapitskii I. V., Determination of trace amounts of hydrogen sulfide in a gas flow using a piezoelectric detector, *Journal of Analytical Chemistry*, **62**, 781 (2007).
19. Gureev A. A., Zhorov Yu. M., Smidovich E. V., *Production of high-octane gasoline*, 224 p. ("Chemistry", Moskow, 1981).

УДК 547.918:547.922:543.42

## ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ ТРОЙНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С ХОЛЕСТЕРИНОМ

Яковишин Л. А.<sup>1</sup>, Гришкова В. И.<sup>2</sup>, Корж Е. Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия

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

Жидкофазным синтезом получены новые тройные молекулярные комплексы состава 1:1:1, включающие  $\alpha$ -хедерин (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозид хедерагенина, гликозид **1**), хедерасопонин С (3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозидовый эфир хедерагенина, гликозид **2**) и холестерин (Chol), а также **1**, глицирам (моноаммонийную соль глицирризиновой кислоты, GC) и Chol. Методом ИК-Фурье-спектроскопии показано, что при комплексообразовании между компонентами комплексов наблюдаются гидрофобные взаимодействия и образуются водородные связи.

**Ключевые слова:** тритерпеновые гликозиды,  $\alpha$ -хедерин, хедерасопонин С, глицирризиновая кислота, глицирам, холестерин, молекулярный комплекс, ИК-Фурье-спектроскопия.

### ВВЕДЕНИЕ

Для тритерпеновых и стероидных гликозидов характерно образование молекулярных комплексов со стероидами, что объясняет механизм их биологического действия [1–6]. В частности, изучалось взаимодействие холестерина (Chol) с тритерпеновыми гликозидами плюща и солодки и их мембранотропная активность [2, 6–12].

В листьях плюща преобладают тритерпеновые гликозиды  $\alpha$ -хедерин ( $\alpha$ -хедерин, таурозид Е, 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозид хедерагенина, гликозид **1**; рис. 1) и хедерасопонин С (хедерасопонин С, хедеракозид С, хедеракозид С, 3-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- $\alpha$ -*L*-рамнопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкопиранозид хедерагенина, гликозид **2**; рис. 1) [1]. Гликозиды **1** и **2** входят в состав лекарственных средств от кашля на основе листьев плюща обыкновенного *Hedera helix* L. [13]. Главным гликозидом солодки является глицирризиновая кислота (3-*O*- $\beta$ -*D*-глюкуронопиранозил-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\beta$ -*D*-глюкуронопиранозид глицирретиновой кислоты) [1, 14]. Ее моноаммонийная соль (глицирам, GC; рис. 1) используется в качестве лекарственного средства с гепатопротекторным, противовоспалительным, антиаллергическим и отхаркивающим действием [14].

Недавно получены совместные комплексы гликозидов плюща **1** и **2** с GC [15]. Описан тройной комплекс кверцетина, Chol и GC, имеющий состав 1:1:1 [16]. Данная статья посвящена получению тройных молекулярных комплексов **1**, **2** и GC с Chol и выявлению их функциональных групп, участвующих в межмолекулярном взаимодействии.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использовали образец GC (Calbiochem, США; чистота  $\geq 95\%$  по ВЭЖХ) и Chol (Sigma-Aldrich, США; чистота  $\geq 99\%$ ) без предварительной подготовки. Гликозиды **1** и **2** были выделены из листьев плющей обыкновенного *Hedera helix* L. и канарского *Hedera canariensis* Willd. (Araliaceae Juss.). Их строение установлено химическими (кислотный и щелочной гидролиз, метилирование диазومتаном) и физическими (спектроскопия ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ ) методами [17, 18].

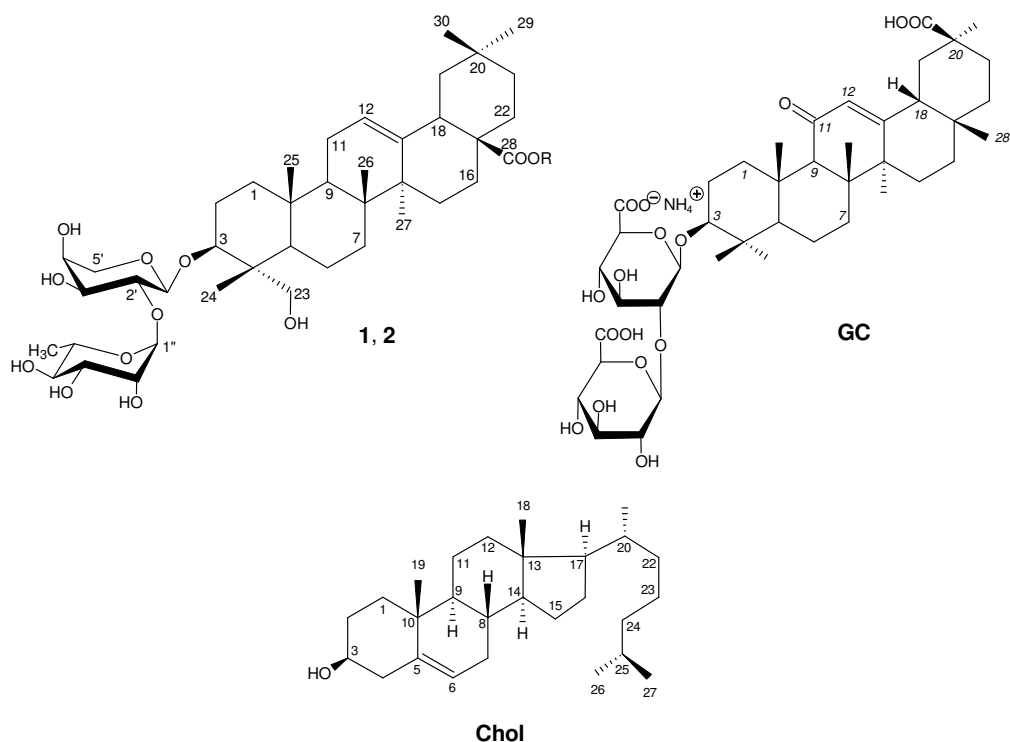


Рис. 1. Строение  $\alpha$ -хедерина (гликозида **1**: R = H), хедерасопонина С (гликозида **2**: R =  $\leftarrow\beta\text{Glc}p-(6\leftarrow 1)-\beta\text{Glc}p-(4\leftarrow 1)-\alpha\text{R}h\text{ap}$ ), глицирама (GC) и холестерина (Chol).

Комплексы **1–2–Chol** и **1–GC–Chol** препаративно получали жидкофазным способом. Для этого смешивали по 1 ммоль соответствующих компонентов с 50 мл



96 % водного этанола. Смеси выдерживали при 50 °С в течение 1,5 ч при постоянном перемешивании. Органический растворитель отгоняли в вакууме.

ИК-спектры сняты с твердых образцов на ИК-Фурье-спектрометре ФТ-801 (СИМЕКС, Россия) с универсальной оптической приставкой НПВО-А (нарушенного полного внутреннего отражения) с алмазным элементом и встроенным мини-монитором (верхнее расположение образца) в области 4000–550 см<sup>-1</sup> (спектральное разрешение 4 см<sup>-1</sup>; 50 сканов). Для работы с ИК-спектрометром ФТ-801 использовали программу ZaiR 3.5 (СИМЕКС, Россия).

*ИК-спектр гликозида 1* ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3403 (ОН), 2938 (СН), 2909 (СН), 2884 (СН), 1708 (С=О), 1656 (С=C), 1451 (СН), 1433 (СН), 1388 (СН), 1365 (СН), 1357 (СН), 1343 (СН), 1320 (СН), 1304 (СН), 1266 (СН), 1234 (СН), 1207 (СН), 1187 (С–О–С, С–ОН), 1124 (С–О–С, С–ОН), 1075 (С–О–С, С–ОН), 1050 (С–О–С, С–ОН), 1029 (С–О–С, С–ОН), 984 (=СН), 661 (ОН).

*ИК-спектр гликозида 2* ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3333 (ОН), 2930 (СН), 2907 (СН), 2900 (СН), 2878 (СН), 1734 (С=О), 1624 (С=C), 1451 (СН), 1433 (СН), 1417 (СН), 1387 (СН), 1357 (СН), 1342 (СН), 1319 (СН), 1260 (СН), 1230 (СН), 1201 (СН), 1050 (С–О–С, С–ОН), 1024 (С–О–С, С–ОН), 979 (=СН), 650 (ОН).

*ИК-спектр гликозида GC* ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3197 (ОН, NH), 2928 (СН), 2907 (СН), 2868 (СН), 1719 (С=О), 1708 (С=О), 1641 (C(11)=O, C=C), 1587 (COO<sup>-</sup>), 1451 (СН), 1425 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 1416 (COO<sup>-</sup>), 1387 (СН), 1357 (СН), 1318 (СН), 1260 (СН), 1211 (СН), 1162 (С–О–С, С–ОН), 1037 (С–О–С, С–ОН), 980 (=СН), 663 (ОН).

*ИК-спектр Chol* ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3403 (ОН), 3337 (ОН), 2929 (СН), 2899 (СН), 2865 (СН), 2848 (СН), 1672 (С=C), 1460 (СН), 1434 (СН), 1377 (СН), 1364 (СН), 1341 (СН), 1333 (СН), 1318 (СН), 1275 (СН), 1268 (СН), 1253 (СН), 1234 (СН), 1220 (СН), 1190 (СН), 1169 (С–ОН), 1132 (С–ОН), 1106 (С–ОН), 1052 (С–ОН), 1022 (С–ОН), 986 (=СН), 662 (ОН).

*ИК-спектр комплекса 1–2–Chol* ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3346 (ОН), 2930 (СН), 2912 (СН), 2901 (СН), 2880 (СН), 2863 (СН), 1734 (С=O<sub>сложно-эфирная</sub>), 1689 (С=О), 1679 (С=C), 1655 (С=C), 1460 (СН), 1450 (СН), 1439 (СН), 1385 (СН), 1363 (СН), 1322 (СН), 1302 (СН), 1265 (СН), 1236 (СН), 1125 (С–О–С, С–ОН), 1049 (С–О–С, С–ОН), 1027 (С–О–С, С–ОН), 983 (=СН), 657 (ОН).

*ИК-спектр комплекса 1–GC–Chol* ( $\nu$ , см<sup>-1</sup>): 3349 (ОН, NH), 2931 (СН), 2900 (СН), 2865 (СН), 2851 (СН), 1720 (С=О), 1691 (С=О), 1656 (С=C), 1641 (C(11)=O, C=C), 1592 (COO<sup>-</sup>), 1460 (СН), 1452 (СН), 1428 (СН), 1412 (СН), 1382 (СН), 1365 (СН), 1304 (СН), 1264 (СН), 1214 (СН), 1166 (С–О–С, С–ОН), 1136 (С–О–С, С–ОН), 1048 (С–О–С, С–ОН), 1023 (С–О–С, С–ОН), 985 (=СН), 642 (ОН).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Тройные молекулярные комплексы 1–2–Chol и 1–GC–Chol, имеющие эквимольный состав, были получены в среде полярного органического растворителя (96 % этиловый спирт). После инкубирования смесей растворитель удаляли и анализировали комплексы методом ИК-Фурье-спектроскопии при использовании приставки НПВО с алмазным элементом.

*Молекулярный комплекс 1–2–Chol.* Сопоставление ИК-спектров индивидуальных веществ и их тройного комплекса **1–2–Chol** показало, что комплексообразование вызывает сдвиги полос поглощения валентных колебаний связей ОН:  $3403 \rightarrow 3346 \text{ см}^{-1}$  (у **1**),  $3333 \rightarrow 3346 \text{ см}^{-1}$  (у **2**), а у Chol –  $3403 \rightarrow 3346$  и  $3337 \rightarrow 3346 \text{ см}^{-1}$ . Такие смещения могут быть вызваны образованием межмолекулярных водородных связей  $-(\text{H})\text{O}\cdots\text{H}-\text{O}-$ . Ранее подобные изменения в ИК-спектрах неоднократно фиксировались при комплексообразовании тритерпеновых гликозидов с Chol и другими биологически активными веществами [5, 10, 15, 19].

Кроме того, в спектре наблюдаются изменения в области полос поглощения валентных колебаний связей с участием атомов кислорода С–ОН у Chol: частота полосы поглощения при  $1132 \text{ см}^{-1}$  изменяется у комплекса до  $1125 \text{ см}^{-1}$ , а при  $1022 \text{ см}^{-1}$  – до  $1027 \text{ см}^{-1}$ . Полоса неплоских деформационных колебаний связей О–Н у гликозида **1** при  $661 \text{ см}^{-1}$  сдвигается в спектре комплекса на  $-4 \text{ см}^{-1}$ , у Chol при  $662 \text{ см}^{-1}$  смещается на  $-5 \text{ см}^{-1}$ , а у **2** при  $650 \text{ см}^{-1}$  – на  $7 \text{ см}^{-1}$ .

Частота полосы поглощения валентных колебаний С=О у **1** в спектре его комплекса изменилась  $-19 \text{ см}^{-1}$ . Такое низкочастотное смещение полосы поглощения указывает на участие группы С=О гликозида **1** в образовании водородной связи:  $-\text{C}=\text{O}\cdots\text{H}-\text{O}-$ .

В ИК-спектрах найдены изменения некоторых частот поглощения колебаний СН-связей:  $2938 \rightarrow 2930 \text{ см}^{-1}$ ,  $2909 \rightarrow 2912 \text{ см}^{-1}$ ,  $2884 \rightarrow 2880 \text{ см}^{-1}$ ,  $1433 \rightarrow 1439 \text{ см}^{-1}$ ,  $1388 \rightarrow 1385 \text{ см}^{-1}$  и  $1357 \rightarrow 1363 \text{ см}^{-1}$  (у **1**),  $1357 \rightarrow 1363 \text{ см}^{-1}$ ,  $1260 \rightarrow 1265 \text{ см}^{-1}$  и  $1230 \rightarrow 1236 \text{ см}^{-1}$  (у **2**), а также  $1434 \rightarrow 1439 \text{ см}^{-1}$ ,  $1377 \rightarrow 1385 \text{ см}^{-1}$ ,  $1318 \rightarrow 1322 \text{ см}^{-1}$  и  $1268 \rightarrow 1265 \text{ см}^{-1}$  (у Chol). Данные смещения могут быть связаны с гидрофобными взаимодействиями между компонентами при образовании их молекулярного комплекса.

*Молекулярный комплекс 1–GC–Chol.* Полоса поглощения валентных колебаний связей ОН у гликозида **1** при  $3403 \text{ см}^{-1}$  смещается при комплексообразовании на  $-54 \text{ см}^{-1}$ , у гликозида GC полоса при  $3197 \text{ см}^{-1}$  – на  $152 \text{ см}^{-1}$ . Для Chol в спектре отмечены сдвиги:  $3403 \rightarrow 3349 \text{ см}^{-1}$  и  $3337 \rightarrow 3349 \text{ см}^{-1}$ . Наблюдающиеся спектральные изменения подтверждают образование водородных связей.

Также наблюдаются изменения в области полос поглощения валентных колебаний связей с участием атомов кислорода С–ОН. Так, например, у GC частота полосы поглощения при  $1037 \text{ см}^{-1}$  в спектре комплекса изменяется до  $1048 \text{ см}^{-1}$ , а при  $1162 \text{ см}^{-1}$  – до  $1166 \text{ см}^{-1}$ . Для гликозида **1** установлены смещения:  $1187 \rightarrow 1166 \text{ см}^{-1}$  и  $1124 \rightarrow 1136 \text{ см}^{-1}$ , а для Chol –  $1132 \rightarrow 1136 \text{ см}^{-1}$  и  $1052 \rightarrow 1048 \text{ см}^{-1}$ . Кроме того, полоса неплоских деформационных колебаний связей О–Н у гликозида **1** при  $661 \text{ см}^{-1}$  сдвигается на  $-19 \text{ см}^{-1}$ , у GC при  $663 \text{ см}^{-1}$  – на  $-21 \text{ см}^{-1}$ , а у Chol при  $662 \text{ см}^{-1}$  смещается на  $-20 \text{ см}^{-1}$ . Комплексообразование также вызывает низкочастотный сдвиг полос поглощения валентных колебаний С=О у **1** и GC на  $-17 \text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует об участии групп С=О гликозида **1** и GC в образовании водородной связи.

При сопоставлении ИК-спектров индивидуальных компонентов и их комплекса выявлены смещения некоторых полос поглощения колебаний СН-связей. Так, например, для частот валентных колебаний этих связей установлены следующие

сдвиги: 2938→2931 см<sup>-1</sup>, 2909→2900 см<sup>-1</sup> и 2884→2865 см<sup>-1</sup> (для **1**), 2907→2900 см<sup>-1</sup> и 2868→2865 см<sup>-1</sup> (для GC), а также 2848→2851 см<sup>-1</sup> (для Chol). Указанные смещения могут быть вызваны гидрофобными взаимодействиями между компонентами комплекса.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Жидкофазным способом в среде полярного органического растворителя (96 % этанол) получены новые молекулярные комплексы **1–2–Chol** и **1–GC–Chol**, имеющие состав 1:1:1.
2. Методом ИК-Фурье-спектроскопии показано, что межмолекулярные взаимодействия в комплексах включают водородные связи и гидрофобные контакты.

*Работа выполнена в рамках внутреннего гранта Севастопольского государственного университета (идентификатор № 30/06-31).*

### Список литературы

1. Hostettmann K. Saponins / K. Hostettmann, A. Marston. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 548 p.
2. Анисимов М. М. О биологической роли тритерпеновых гликозидов / М. М. Анисимов, В. Я. Чирва // Успехи совр. биологии. – 1980. – Т. 6, № 3. – С. 351–364.
3. Попов А. М. Механизмы биологической активности гликозидов женьшеня: сравнение с гликозидами голотурий / А. М. Попов // Вестник ДВО РАН. – 2006. – № 6. – С. 92–104.
4. Sidhu G. S. A mechanism for the hypocholesterolaemic activity of saponins / G. S. Sidhu, D. G. Oakenfull // Brit. J. Nutrit. – 1986. – Vol. 55, № 3. – P. 643–649.
5. Яковишин Л. А. Молекулярный комплекс холестерина с эсцином / Л. А. Яковишин, В. И. Гришкoveц, Е. Н. Корж // Тез. докл. XV Междунар. конф. «Спектроскопия координационных соединений». – Туапсе (Россия). – 2018. – С. 327–328.
6. Tschesche R. Konstitution und eigenschaften der saponine / R. Tschesche, G. Wulff // Planta Med. – 1964. – Vol. 12, № 3. – P. 272–292.
7. Самоассоциация и комплексообразование тритерпеновых гликозидов и холестерина / Л. А. Яковишин, Н. И. Борисенко, М. И. Руднев [и др.] // Химия природ. соедин. – 2010. – № 1. – С. 45–48.
8. Induction of highly curved structures in relation to membrane permeabilization and budding by the triterpenoid saponins,  $\alpha$ - and  $\delta$ -hederin / J. Lorent, C.S. Le Duff, J. Quetin-Leclercq, M.-P. Mingeot-Leclercq // J. Biol. Chem. – 2013. – Vol. 288, № 20. – P. 14000–14017.
9. Lorent J. H. The amphiphilic nature of saponins and their effects on artificial and biological membranes and potential consequences for red blood and cancer cells / J. H. Lorent, J. Quetin-Leclercq, M. P. Mingeot-Leclercq // Org. Biomol. Chem. – 2014. – Vol. 12, № 44. – P. 8803–8822.
10. Yakovishin L. A. Molecular complexes of ivy triterpene glycosides with cholesterol / L. A. Yakovishin, V. I. Grishkovets // Russ. J. Bioorg. Chem. – 2019. – Vol. 45, № 7. – P. 900–905.
11. Complexation of phospholipids and cholesterol by triterpenic saponins in bulk and in monolayers / K. Wojciechowski, M. Orzyk, T. Gutberlet, T. Geue // Biochim. Biophys. Acta Biomembr. – 2016. – Vol. 1858, № 2. – P. 363–373.
12. Gluschenko O. Yu. NMR relaxation study of cholesterol binding with plant metabolites / O. Yu. Gluschenko, N. E. Polyakov, T. V. Leshina // Appl. Magn. Reson. – 2011. – Vol. 41, № 2. – P. 283–294.
13. Лекарственные препараты на основе плюща: ИК-Фурье-спектроскопический анализ / Л. А. Яковишин, П. И. Бажан, В. Д. Ратников, В. И. Гришкoveц // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 3. – С. 259–267.

14. Солодка: Биоразнообразие, химия, применение в медицине / Г. А. Толстикова, Л. А. Балтина, В. П. Гранкина [и др.]. – Новосибирск: Гео, 2007. – 311 с.
15. Yakovishin L. A. Molecular complexes of monoammonium glycyrrhizinate with alpha-hederin and hederasaponin C / L. A. Yakovishin, V. I. Grishkovets, E. N. Korzh // *Lett. Org. Chem.* – 2015. – Vol. 12, № 2. – P. 109–114.
16. Яковишин Л. А. Взаимодействие кверцетина с холестерином / Л. А. Яковишин, Е. Н. Корж, В. И. Гришкова // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2018. – Т. 4 (70), № 4. – С. 328–336.
17. Тритерпеновые гликозиды *Hedera canariensis* I. Структура гликозидов L-A, L-B<sub>1</sub>, L-B<sub>2</sub>, L-C, L-D, L-E<sub>1</sub>, L-G<sub>1</sub>, L-G<sub>2</sub>, L-G<sub>3</sub>, L-G<sub>4</sub>, L-H<sub>1</sub>, L-H<sub>2</sub> и L-I<sub>1</sub> из листьев *Hedera canariensis* / В. И. Гришкова, Д. Ю. Сидоров, Л. А. Яковишин [и др.] // *Химия природ. соедин.* – 1996. – № 3. – С. 377–383.
18. Тритерпеновые гликозиды *Hedera helix* I. Структура 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. Гришкова, А. Е. Кондратенко, Н. В. Толкачева [и др.] // *Химия природ. соедин.* – 1994. – № 6. – С. 742–746.
19. Molecular complex of quercetin with hederasaponin C / L. A. Yakovishin, V. D. Ratnikov, P. I. Bazhan [et al.] // *Book of abstr. III Internat. conf. «Modern synthetic methodologies for creating drugs and functional materials (MOSM2019)».* – Yekaterinburg (Russia). – 2019. – P. DR-17.

## IR SPECTROSCOPY OF TRIPLE MOLECULAR COMPLEXES OF TRITERPENE GLYCOSIDES WITH CHOLESTEROL

*Yakovishin L. A.<sup>1</sup>, Grishkovets V. I.<sup>2</sup>, Korzh E. N.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

<sup>2</sup>*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

*E-mail: chemsevtu@rambler.ru*

The formation of molecular complexes with steroids is characteristic property of triterpene and steroid glycosides, which explains the mechanism of their biological action. In particular, the interaction of cholesterol (Chol) with ivy and licorice triterpene glycosides and their membranotropic activity was studied previously.

Triterpene glycosides  $\alpha$ -hederin (hederagenin 3-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-arabinopyranoside, glycoside **1**) and hederasaponin C (hederacoside C, hederagenin 3-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\alpha$ -*L*-arabinopyranosyl-28-*O*- $\alpha$ -*L*-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)-*O*- $\beta$ -*D*-glucopyranoside, glycoside **2**) are dominant saponins in the most species of the ivy genus. Monoammonium salt of glycyrrhizic acid (glycyram, GC) is an anti-inflammatory, antiallergic, hepatoprotective, anti-inflammatory, and expectorant action drug. Glycyrrhizic acid (3-*O*- $\beta$ -*D*-glucuronopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-*O*- $\beta$ -*D*-glucuronopyranoside of 18 $\beta$ -glycyrrhetic acid) is the major triterpene glycoside of licorice.

The synthesis of new molecular complexes **1–2–Chol** and **1–GC–Chol** was carried out in the liquid phase (in 96 % aqueous ethanol). The components were taken in 1:1:1 molar ratio. The obtained mixtures were incubated at 50 °C for 1.5 h with continuous stirring. The organic solvents were then removed by vacuuming.

The molecular complexation was studied by ATR FT-IR spectroscopy with diamond crystal plate. Upon the formation of complexes in the IR spectra for the absorption bands

of stretching vibrations of O–H and C=O bonds are observed shifts. This may indicate to formation of hydrogen bonds between triterpene glycosides and Chol in the complexes.

When comparing the IR spectra of individual components and their complexes, shifts of some absorption bands of CH-bond vibrations were revealed. This fact may indicate to the presence of hydrophobic contacts at complexation.

**Keywords:** triterpene glycosides,  $\alpha$ -hederin, hederasaponin C, glycyrrhizic acid, glycyram, cholesterol, molecular complex, FT-IR spectroscopy.

### References

1. Hostettmann K., Marston A., *Saponins*, 548 p. (Cambridge University Press, Cambridge, 1995).
2. Anisimov M. M., Chirva V. Ya., Biological role of triterpene glycosides, *Uspekhi sovr. biologii*, **6** (3), 351 (1980). (in Russ.).
3. Popov A. M., Mechanisms of biological activity of ginsenosides: comparison with holothurian glycosides, *Vestnik DVO RAN*, **6**, 92 (2006). (in Russ.).
4. Sidhu G. S., Oakenfull D. G., A mechanism for the hypocholesterolaemic activity of saponins, *Brit. J. Nutr.*, **55** (3), 643 (1986).
5. Yakovishin L. A., Grishkovets V. I., Korzh E. N., Molecular complex of cholesterol with escin, *Abstr. of XV Internat. conf. "Spectroscopy of coordination compounds"*, (KSU, Tuapse, 2018), p. 327. (in Russ.).
6. Tschesche R., Wulff G., Konstitution und eigenschaften der saponine, *Planta Med.*, **12** (3), 272 (1964).
7. Yakovishin L. A., Borisenko N. I., Rudnev M. I., Vetrova E. V., Grishkovets V. I., Self-association and complexation of triterpene glycosides and cholesterol, *Khim. Prirod. Soedin.*, **1**, 45 (2010). (in Russ.).
8. Lorent J., Le Duff C. S., Quetin-Leclercq J., Mingeot-Leclercq M.-P., Induction of highly curved structures in relation to membrane permeabilization and budding by the triterpenoid saponins,  $\alpha$ - and  $\delta$ -hederin, *J. Biol. Chem.*, **288** (20), 14000 (2013).
9. Lorent J. H., Quetin-Leclercq J., Mingeot-Leclercq M. P., The amphiphilic nature of saponins and their effects on artificial and biological membranes and potential consequences for red blood and cancer cells, *Org. Biomol. Chem.*, **12** (44), 8803 (2014).
10. Yakovishin L. A., Grishkovets V. I., Molecular complexes of ivy triterpene glycosides with cholesterol, *Russ. J. Bioorg. Chem.*, **45** (7), 900 (2019).
11. Wojciechowski K., Orczyk M., Gutberlet T., Geue T., Complexation of phospholipids and cholesterol by triterpenic saponins in bulk and in monolayers, *Biochim. Biophys. Acta Biomembr.*, **1858** (2), 363 (2016).
12. Gluschenko O. Yu., Polyakov N. E., Leshina T. V., NMR relaxation study of cholesterol binding with plant metabolites, *Appl. Magn. Reson.*, **41** (2), 283 (2011).
13. 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.).
14. Tolstikov G. A., Baltina L. A., Grankina V. P., Kondratenko R. M., Tolstikova T. G., *Licorice: Biodiversity, chemistry, and application in medicine*, 311 p. (Geo, Novosibirsk, 2007). (in Russ.).
15. Yakovishin L. A., Grishkovets V. I., Korzh E. N., Molecular complexes of monoammonium glycyrrhizinate with alpha-hederin and hederasaponin C, *Lett. Org. Chem.*, **12** (2), 109 (2015).
16. Yakovishin L. A., Korzh E. N., Grishkovets V. I., Interaction of quercetin with cholesterol, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **4** (4), 328 (2018). (in Russ.).
17. 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-B<sub>1</sub>, L-B<sub>2</sub>, L-C, L-D, L-E<sub>1</sub>, L-G<sub>1</sub>, L-G<sub>2</sub>, L-G<sub>3</sub>, L-G<sub>4</sub>, L-H<sub>1</sub>, L-H<sub>2</sub>, and L-I<sub>1</sub> from the leaves of *Hedera canariensis*, *Khim. Prirod. Soedin.*, **3**, 377 (1996). (in Russ.).
18. 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.).
19. Yakovishin L. A., Ratnikov V. D., Bazhan P. I., Grishkovets V. I., Korzh E. N., Molecular complex of quercetin with hederasaponin C, *Book of abstr. III Internat. conf. "Modern synthetic methodologies for creating drugs and functional materials (MOSM2019)"*, (UrFU, Yekaterinburg, 2019), p. DR-17.

## 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
- Абхаирова  
Сусана Велишаевна** ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова», кандидат химических наук, доцент кафедры технологического образования, e-mail: sysana70@gmail.com
- Адрузов  
Игорь Витальевич** Ветеринарный комплекс «БИОН», врач общей практики
- Алистратова  
Флюра Илгизовна** ГБОУ ВО СПбГУВМ, Санкт-Петербургский Государственный университет ветеринарной медицины, ассистент кафедры биохимии и физиологии
- Аметов  
Исмаил Энверович** Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, e-mail: ametov\_i@rambler.ru
- Арсланова  
Эльвина Фарходовна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», факультет биологии и химии, кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологий, магистр 2 курса очной формы обучения
- Асадова  
Кямаля Валех** Институт Генетических Ресурсов НАН Азербайджана, научный сотрудник отдела Экоботаники и систематики, e-mail: esedzadeo@gmail.com
- Аскеров  
Айдын Мусса** Институт Генетических ресурсов НАН Азербайджана, доктор биологических наук, научный руководитель. зав. отделом Экоботаники и систематики, e-mail: askerov1@mail.ru
- Берникова  
Светлана Михайловна** Институт естественных наук и математики Курганского государственного университета, старший преподаватель кафедры «Биология»
- Бирюкова  
Елена Александровна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики

- Бондаренко  
Людмила Васильевна** ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, младший научный сотрудник
- Браилко  
Валентина  
Анатольевна** ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией геномики растений и биоинформатики, e-mail: labgennbs@yandex.ru
- Булавин  
Илья Владимирович** ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории геномики растений и биоинформатики, e-mail: labgennbs@yandex.ru
- Васюткина  
Марина Львовна** Институт медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им В. А. Алмазова» Минздрава России, глав. ветеринарный врач; Институт медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, ассистент кафедры Нормальной физиологии лечебного факультета
- Витер  
Татьяна Вадимовна** ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, младший научный сотрудник
- Внукова  
Светлана  
Владимировна** Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», кандидат физико-химических наук, старший преподаватель кафедры физики и химии
- Говорун  
Яна Юрьевна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», студентка 1 курса магистратуры кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: govogun.98@mail.ru
- Гребенникова  
Оксана Анатольевна** ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимии, физиологии и репродуктивной биологии растений, e-mail: oksanagrebennikova@yandex.ru
- 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

<b>Деркач Василий Вячеславович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», магистр 1 курса кафедры медико-биологических основ физической культуры по направлению 49.04.01 Физическая культура
<b>Дубачева Арсения Викторовна</b>	Муниципальное бюджетное образовательное учреждение Лицей № 2 г. Воронежа, учащаяся
<b>Дягилева Юлия Олеговна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии и психофизиологии, e-mail: yulia.dyagileva@gmail.com
<b>Евсеева Анна Александровна</b>	ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», доцент кафедры ботаники, микробиологии и экологии, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: annahabarova@yandex.ru
<b>Захарова Елена Михайловна</b>	Институт педагогики, психологии и физической культуры Курганского государственного университета, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Педагогика и МОГД»
<b>Икоева Лариса Петровна</b>	Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра Российской академии наук, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник лаборатории кормопроизводства, e-mail: ikoeval@bk.ru
<b>Кайгородова Надежда Захаровна</b>	ФГБОУ ВО Алтайский государственный университет, институт психологии, профессор кафедры общей и прикладной психологии, доктор биологических наук, e-mail: kaigorodova56@gmail.com
<b>Копий Вера Георгиевна</b>	ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
<b>Корж Елена Николаевна</b>	ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия и химические технологии»
<b>Кочетова Жанна Юрьевна</b>	Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физики и химии Воронеж



- Кузьмина  
Анна Сергеевна** ФГБОУ ВО Алтайский государственный университет, институт психологии, доцент кафедры клинической психологии, кандидат психологических наук, e-mail: annakuz87@yandex.ru
- Кучменко  
Татьяна Анатольевна** ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», доктор химических наук, профессор, профессор РАН, заведующая кафедрой физической и аналитической химии
- Лисова  
Надежда  
Александровна** ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева», старший преподаватель кафедры специальной психологии, e-mail: nadia.krs@yandex.ru
- Макаров  
Михаил Валериевич** ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, кандидат биологических наук, научный сотрудник
- Митрофанова  
Ирина Вячеславовна** ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», Чл.-корр. РАН, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая отделом биологии развития растений, биотехнологии и биобезопасности, e-mail: irimitrofanova@yandex.ru
- Михайлова  
Анна Андреевна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», старший преподаватель кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: anna.kulenkova@gmail.com
- Мишин  
Николай Петрович** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», старший преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры
- Муллер  
Татьяна Андреевна** ФГБОУ ВО Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, аспирант кафедры специальной психологии, НПЦ «Клиника СКирТ», нейропсихолог, e-mail: p1381@mail.ru
- 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
- Начарова  
Маргарита  
Александровна** Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: alikina93@gmail.com

<b>Орехова Лилия Сергеевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Ведущий специалист по научно-аналитической работе отдела организации научной работы, e-mail: lili_psy@mail.ru
<b>Осипова Светлана Александровна</b>	Ветеринарная служба Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им В. А. Алмазова» Минздрава России, вет. врач
<b>Павленко Владимир Борисович</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей психологии и психофизиологии, e-mail: vprav55@gmail.com
<b>Передков Сергей Сергеевич</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», обучающийся 3 курса Факультета физической культуры и спорта
<b>Пилькевич Руслана Адольфовна</b>	ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимии, физиологии и репродуктивной биологии растений, e-mail: pilkevich-r@mail.ru
<b>Подзорова Дарина Васильевна</b>	ФГБУН ФИЦ Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, младший научный сотрудник
<b>Португальская Арина Андреевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», студентка 2 курса магистратуры кафедры общей психологии и психофизиологии, e-mail: a.portugalskaya@gmail.com
<b>Просеков Александр Юрьевич</b>	НИУ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник
<b>Присянникова Ирина Борисовна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Таврическая академия, 295007, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, просп. акад. Вернадского, 4, факультет биологии и химии, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
<b>Раваева Марина Юрьевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Рауфов Сарвар Саидович</b>	Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, аспирант кафедры специальной психологии, e-mail: raufov.sarwar2016@yandex.ru

<b>Романчук Роман Викторович</b>	Академия биологии и биотехнологии Южного федерального университета, аспирант кафедры экологии и природопользования, Ростовский филиал ФГБУ «ВНИИКР», агроном испытательной лаборатории, e-mail: roma.romanchuk.95@bk.ru
<b>Сеидосманова Элеонора Эдемовна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр 3 курса очно-заочной формы обучения кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Сикорский Игорь Анатольевич</b>	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Объединенная дирекция особо охраняемых природных территорий «Заповедный Крым», Научный сотрудник научного отдела ФГБУ «Заповедный Крым»
<b>Спиридонова Мария Сергеевна</b>	ФГБОУ ВО Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, кандидат биологических наук, доцент кафедры специальной психологии, e-mail: spiridonova@mail.ru
<b>Стельмах Илья Сергеевич</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», выпускник кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Торопова Яна Геннадьевна</b>	Институт экспериментальной медицины ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, Зав. НИЛ биопротезирования и кардиопротекции Центра экспериментального биомоделирования, руководитель группы доклинических исследований; Институт медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, доцент Кафедры патологии
<b>Туманянц Каринэ Николаевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, директор Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика», e-mail: timur328@gmail.com
<b>Тышко Александра Анатольевна</b>	Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», студентка 2 курса бакалавриата кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tyshko01@list.ru

- Феськов Сергей Александрович** ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», научный сотрудник лаборатории ароматических и лекарственных растений, e-mail: sergey.feskoff@yandex.ua
- Хаева Оксана Эльбрусевна** ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени К. Л. Хетагурова», кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии, e-mail: oksana\_haeva@mail.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
- Шилов Сергей Николаевич** ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева», доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой специальной психологии, e-mail: shiloff.serg@yandex.ru
- 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
- Яковишин Леонид Александрович** ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», доктор химических наук, доцент, профессор кафедры «Химия и химические технологии», 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
- Яценко Михаил Владимирович** ФГБОУ ВО Алтайский государственный университет, институт психологии, доцент кафедры общей и прикладной психологии, кандидат биологических наук, e-mail: e.yatsenko@mail.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Абдулганиева Э. Ф.**

ОНТОМОРФОГЕНЕЗ И СТРУКТУРА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *CREPIS PURPUREA*  
(WILLD.) M. BIEB. В КРЫМУ .....3

**Алистратова Ф. И., Торопова Я. Г., Осипова С. А., Васютина М. Л.**

АНАЛИЗ ЛДФ-ГРАММ У КРЫС СТОКА WISTAR В УСЛОВИЯХ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИПОКСИИ .....18

**Асадова К. В., Аскеров А. М.**

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ТАКСОНОВ ВИКИ (*VICIA L.*,  
*FABACEAE* LINDL.), РАСПРОСТРАНЕННЫХ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ .....33

**Берникова С. М., Захарова Е. М.**

ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА ПО  
СОДЕРЖАНИЮ ОБЩЕГО ХОЛЕСТЕРИНА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ У ЛИЦ  
РАЗНЫХ ВОЗРАСТНО-ПОЛОВЫХ ГРУПП .....46

**Bulavin I. V., Feskov S. A., Brailko V. A., Mitrofanova I. V.**

CHARACTERIZATION OF ESSENTIAL OIL ACCUMULATION IN SOME PLANTS OF  
LAMIACEAE FAMILY .....56

**Гребенникова О. А., Пилькевич Р. А.**

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
НЕКОТОРЫХ ВИДОВ И СОРТОВ *FICUS* В УСЛОВИЯХ ЛЕТНЕГО ДЕФИЦИТА  
ВЛАГИ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА .....63

**Евсеева А. А.**

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЛУГОВОЙ ЦЕНОФЛОРЫ  
ГОРОДА КАЛУГИ .....75

**Кайгородова Н. З., Кузьмина А. С., Яценко М. В.**

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЗЫ ТЕЛА  
ЧЕЛОВЕКА С УРОВНЕМ ТРЕВОЖНОСТИ И САМОРЕГУЛЯЦИИ .....87

**Макаров М. В., Копий В. Г., Бондаренко Л. В., Витер Т. В., Подзорова Д. В.**

МАКРОЗООБЕНТОС ЗАРОСЛЕЙ ВОДРОСЛЕЙ *CYSTOSEIRA CRINITA* DUBY,  
1830 У БЕРЕГОВ КРЫМА И КАВКАЗА (ЧЁРНОЕ МОРЕ) .....97

**Михайлова А. А., Орехова Л. С., Дягилева Ю. О., Тышко А. А., Павленко В. Б.**

РЕАКТИВНОСТЬ ТЕТА-РИТМА ЭЭГ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА С РАЗНЫМ  
УРОВНЕМ ПОМОГАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ .....117

**Муллер Т. А., Шилов С. Н., Спиридонова М. С., Лисова Н. А.**

НЕЙРОМЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК С  
ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРКАПНИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ У ДЕТЕЙ С  
ДЕФИЦИТОМ ВНИМАНИЯ .....127

<b>Нагаева Е. И., Бирюкова Е. А., Ярмолук Н. С., Мишин Н. П., Сеидосманова Э. Э., Деркач В. В., Передков С. С.</b>	
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗАДАННОЙ ПОЗЫ У ЮНЫХ ЕДИНОБОРЦЕВ НА ЭТАПЕ НАЧАЛЬНОЙ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ.....	138
<b>Начарова М. А., Михайлова А. А., Говорун Я. Ю., Португальская А. А., Павленко В. Б.</b>	
НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВОСПРИЯТИЯ РЕЧИ И ИХ ОСОБЕННОСТИ У ДЕТЕЙ В НОРМЕ И ПРИ НАРУШЕНИЯХ РАЗВИТИЯ.....	146
<b>Просеков А. Ю.</b>	
ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ЗАЛЕСЁННОСТИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ЛОСЯ В НЕКОТОРЫХ РАЙОНАХ КУЗБАССА.....	163
<b>Просьянникова И. Б., Арсланова Э. Ф.</b>	
ФИТОТРОФНАЯ ПАРАЗИТИЧЕСКАЯ МИКОБИОТА ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПАРКА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ «БИТАК» .....	179
<b>Рауфов С. С.</b>	
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ВАРИАбельНОСТИ КАРДИОРИТМА ЖИТЕЛЕЙ ТАДЖИКИСТАНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ.....	192
<b>Романчук Р. В.</b>	
ОПЫТ ОЦЕНКИ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОСТИ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ В АСПЕКТЕ СОХРАНЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA, NOSTUOIDEA) .....	200
<b>Сикорский И. А.</b>	
ДОПОЛНЕНИЯ К ОРНИТОФАУНЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ОПУКСКИЙ» И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	225
<b>Туманянц К. Н., Ярмолук Н. С., Стельмах И. С.</b>	
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i> В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ УМЕРЕННОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ И РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ .....	246
<b>Хаева О. Э., Икоева Л. П.</b>	
АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ 3-АРИЛИМИНОМЕТИЛХРОМОНОВ .....	256
<b>Черетаев И. В., Раваева М. Ю., Чуян Е. Н., Шульгин В. Ф.</b>	
ОЦЕНКА АНАЛЬГЕТИЧЕСКОЙ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ АДДУКТА 1-ГИДРОКСИ-1,1-ЭТИЛИДЕНДИФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ И БИС(2-ПИРИДИЛ-1,2,4-ТРИАЗОЛИЛ-3)ПРОПАНА ПРИ КУРСОВОМ ВВЕДЕНИИ У САМЦОВ КРЫС.....	262
<b>Яковишин Л. А., Адрузов И. В.</b>	
ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕРАПИЯ ПРИ ЭРЛИХИОЗЕ У СОБАКИ .....	275

## **ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Абхаирова С. В., Аметов И. Э.**

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ  
УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ.....283

**Кочетова Ж. Ю., Внукова С. В., Дубачева А. В., Кучменко Т. А.**

ПЬЕЗОСОРБЦИОННЫЙ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ  
БЕНЗИНОМ.....292

**Яковишин Л. А., Гришковец В. И., Корж Е. Н.**

ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ ТРОЙНЫХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ КОМПЛЕКСОВ  
ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С ХОЛЕСТЕРИНОМ.....303

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**.....310

**СОДЕРЖАНИЕ** .....317