

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**

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

**Научный журнал**

**Том 9 (75), № 4**

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, 2023**

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 № 8 от 07 ноября 2023 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 1.4.1. – неорганическая химия, 1.4.2. – аналитическая химия, 1.4.3. – органическая химия, 1.4.4. – физическая химия, 1.4.9. – биоорганическая химия, 1.4.15. – химия твердого тела, 1.5.5. – физиология человека и животных, 1.5.9. – ботаника, 1.5.15. – экология, 1.5.20 – биологические ресурсы, 1.5.24. – нейробиология, 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 – Ярмолук 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. Кореньюк 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.

Адрес редакции: 295007, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, 4, корп. Б, ауд. 328  
Подписано в печать 17.11.2023. Формат 70x100 1/16. Заказ № НП/126. Тираж 50. Цена «Бесплатно».

Дата выхода в свет «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Отпечатано в Издательском доме ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского»

Адрес 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 9 (75). 2023. № 4. С. 3–14.

УДК 579.64 : 633.81

## СИМБИОТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ АССОЦИАЦИЙ ГРИБОВ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С *CORIANDRUM SATIVUM*

Абдурашитов С. Ф.<sup>1</sup>, Алексеева А. И.<sup>1</sup>, Грицевич К. С.<sup>1</sup>, Сейтаджиева С. Б.<sup>1</sup>,  
Зубоченко А. А.<sup>1</sup>, Юрков А. П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Симферополь,  
Республика Крым, Россия

<sup>2</sup>ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной  
Микробиологии, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: asuleyman83@rambler.ru

Кориандр занимает наибольшие площади выращивания среди эфиромасличных растений в Крыму, в почвах которого малые запасы растворимых фосфатов. Также известно, что при взаимодействии микроорганизмов и растений, микросимбионты способны обеспечивать макросимбионта труднодоступными растворимыми фосфорными элементами питания. Поэтому мы поставили задачу в условиях недостаточного обеспечения растворимыми фосфатами проанализировать развитие различных ассоциаций грибов арбускулярной микоризы в корнях кориандра и их влияние на симбиотическую эффективность и продуктивность растений. В ходе эксперимента определено, что из 6 новых ассоциаций грибов АМ лучшей являлась ассоциация 1-16. Она активно колонизировала корни кориандра, а симбиотическая эффективность достигла более 35% в фазу цветения. Этому способствовало изменение и других параметров симбиоза.

**Ключевые слова:** *Coriandrum sativum*, арбускулярная микориза, комплекс биопрепаратов, усвоение фосфора, продуктивность растений.

### ВВЕДЕНИЕ

Кориандр посевной (*Coriandrum sativum* L.) – высокорентабельная эфиромасличная культура. Лидерами по производству являются Индия, Турция, Мексика. Во всем мире ежегодно выращивают до 2,2 млн. т на 1,5–2 млн. га [1, 2]. Практическую ценность представляет его возделывание на территории Крыма, а климат содействует распространению данной культуры [3]. В 2020 году в республике культуру выращивали около 20 предприятий на площади более 43 тыс. га, что составляет 85,4 % от площади насаждений всех эфиромасличных [4]. Почвенно-климатические условия Крыма способствуют накоплению в эфирном масле кориандра линалоола, содержание которого должно быть не менее 65 % при

изготовлении парфюмерно-косметических изделий [3]. Также при средней урожайности 10 ц/га можно получить 25–30 кг с га эфирного масла.

Одним из наиболее распространенных видов симбиоза растений и микроорганизмов является арбускулярная микориза (АМ) [5], образованная грибами из отдела *Glomeromycota* [6, 7]. АМ улучшает структуру почвы за счет формирования стабильных агрегатов, поскольку мицелий образует общую микоризную сеть [8], предотвращая водную эрозию [9–11]. Кроме описанных положительных влияний на растения, грибы арбускулярной микоризы (АМГ) имеют способность поставлять симбиотическому партнеру воду [12–14] и растворенные в ней фосфорные и другие соединения из тех участков почвы [15], куда не проникают всасывающие части корней, за счет развитого внекорневого мицелия. Возможно, положительный эффект АМГ может быть связан с работой аквапоринов – трансмембранных белков, отвечающих, как и у растений, за пропуск воды по градиенту концентрации веществ [15–18].

Изученность *C. sativum* недостаточно освещена при выращивании его с применением биотехнологий, в частности с АМГ и другими микроорганизмами. Информация о роли АМ на компонентный состав эфирного масла ограничен влиянием на некоторые ее компоненты. В то же время показано увеличение выхода эфирного масла при обработке растений АМГ [19, 20]. Симбиоз с микоризными грибами уменьшал токсические эффекты наличия свинца в субстрате на растения кориандра с помощью регулирования ферментативных и неферментативных антиоксидантов и предохранением фотосинтетических пигментов [21]. Предполагается, что работа ферментативной системы микоризных грибов будет способствовать расширению площадей, занятых культурой кориандра в засушливых условиях. Одним из первичных условий создания взаимодействия и изучения влияния на симбиотическую эффективность является подбор наиболее продуктивной пары «растения-штаммы микроорганизмов» [22–24]. Поэтому цель исследований проанализировать микоризацию различными ассоциациями грибов АМ в корнях кориандра и их влияние на симбиотическую эффективность и продуктивность растений в модельных условиях недостаточного обеспечения растворимыми фосфатами.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные работы проводили в 2023 году в серии вегетационных опытов на базе лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики ФГБУН «НИИСХ Крыма».

*Материалы исследований.* Изучались новые ассоциации грибов АМ, выделенные в 2016-2021 гг.: *Funneliformis mosseae* S1-4, *F. mosseae* 1-16, *F. mosseae* 5-16, LK<sup>1</sup>, КОЗК<sup>1</sup>, LM<sup>1</sup>, которые являются частью Крымской коллекции микроорганизмов (<https://ckp-rf.ru/catalog/usu/507484>). В качестве стандартного штамма использован *Rhizophagus irregularis* RCAM 00320 из коллекции Всероссийского НИИ сельскохозяйственной микробиологии, биопрепарат

---

<sup>1</sup> – Видовая принадлежность уточняется

Микробиоком<sup>агро</sup> (далее КМП, предоставлен лабораторией экологии и физиологии микроорганизмов ФГБУН «НИИСХ Крыма»), включающий штаммы бактерий *Paenibacillus polymyxa* П13НК, *Lelliottia nimipressuralis* 32-3, *Agrobacterium radiobacter* 204. Симбиотическая эффективность проверялась на кориандре посевном сорта Силач (селекции ФГБУН «НИИСХ Крыма», <http://www.ckrp-rf.ru/usu/507515/>)

*Вегетационный опыт* проводили в пластиковых сосудах объемом 0,5 л (n=15). В качестве субстрата использовали стерильную смесь промытого кварцевого песка и вермикулита (1:1 по объему) [25, 26]. В субстрат внесли инокулят ассоциаций грибов АМ из расчета 50 колонизирующих единиц (споры+отрезки корней) на семя. Семена кориандра простерилизованы перед посевом 10 % раствором перекиси водорода и промыты стерильной водой. Все семена, кроме контроля без обработки, бактериализованы микробным препаратом Микробиоком<sup>агро</sup> из расчета 10<sup>6</sup> КОЕ/семя. Высев проводили по 15 шт./сосуд, а после прорастания оставлено по 20 растений/сосуд. Контролем были семена, промытые стерильной водой. Полив осуществляли фильтрованной водой три раза в неделю, в том числе один раз в неделю питательным раствором Прянишникова [27]. Норму полива устанавливали по массе из расчета 60 % полной влагоемкости (ПВ) субстрата. Фосфорный режим регулировался с добавлением нерастворимого ортофосфата кальция (1 г на кг субстрата), а в питательном растворе Прянишникова снижением количества растворимого фосфора на 80 % от описанного автором. Отбор проводили в фазу стеблевания и начало цветения.

*Учет микоризации, симбиотической эффективности.* Визуализацию развития микоризы проводили окрашиванием отрезков корней черными чернилами [28]. Микоризацию оценивали в проходящем свете под стереомикроскопом количественно по методике Травло [29]. Симбиотическую эффективность определяли согласно патенту [30].

*Агрохимические исследования и статистический анализ.* Содержание фосфора в надземной части растений определяли с использованием сжигания по методу Кьельдаля с последующим титрованием (ГОСТ 26715-85, ГОСТ 13496.4-2019). Постановка вегетационного опыта и статистический анализ полученных результатов проведены по Доспехову Б. А. [26] с использованием пакета программ Excel. Достоверность определяли согласно критерию Стьюдента при  $p \leq 0,05$  или  $p \leq 0,01$ , что указано в соответствующем параметре. Корреляционный граф построен согласно методическим указаниям Воробьева [31].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате предварительных экспериментов определено, что в симбиозе с кориандром наиболее активны ассоциации *F. mosseae* 1-16, *F. mosseae* 5-16 и ЛК. Вывод сделан на основе уровня колонизации корней грибами АМ и продуктивности растений. Частота встречаемости микоризной колонизации (МК) у эффективных ассоциаций составляла 86,2–98,3 %, а интенсивность МК – 60,2–79,8 %, что соответствовало штамму-стандарту РСАМ00320. В контроле микоризации не обнаружено. Отмечено, что ассоциация КОЗК недостаточно эффективно вступила в

симбиоз с кориандром, а ассоциация S1-4 встречалась только в 8,6 % длины корней, что отразилось на выживаемости (63,6–72,7 %) растений в условиях нехватки растворимых фосфатов. В контроле масса высушенных побегов составила 324,4 мг/растение, при внесении ассоциаций 1-16, 5-16 и LK прибавка составила 217,6–291,9 мг/растение, а симбиотическая эффективность 67,1–90,0 %. Далее в экспериментах использовали ассоциации 1-16, 5-16 и LK.

В основном эксперименте растения оценивали в две фазы роста: стебление и начало цветения (бутонизация) (рис. 1.).

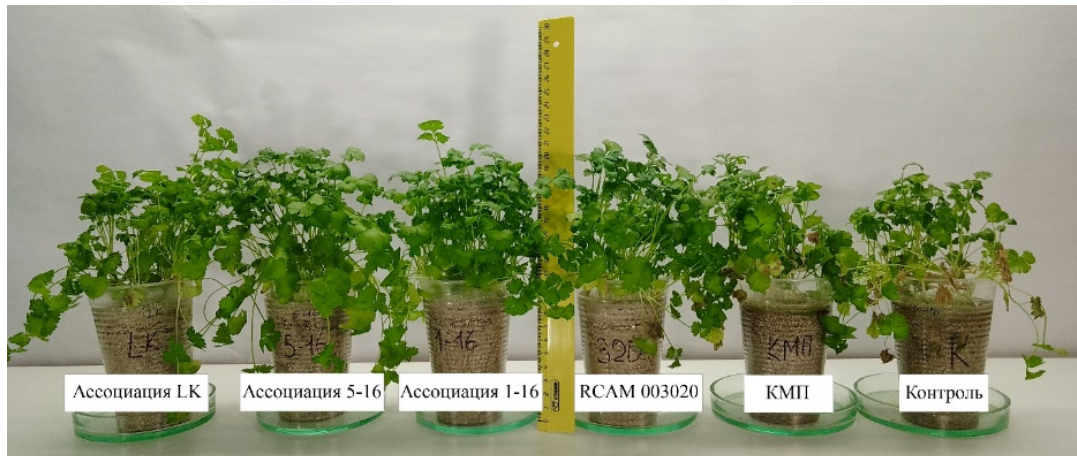


Рис. 1. Внешний вид растений в фазу стеблевания из основного эксперимента по вариантам обработки ассоциациями АМГ.

*Примечание.* Все семена, кроме контроля, бактеризованы КМП.

В контроле и при бактеризации семян КМП формирования микоризного симбиоза не наблюдали. В вариантах с микоризацией отмечено, что ассоциации 1-16 и 5-16 быстрее формируют симбиоз по сравнению со штаммом-стандартом и ассоциацией LK. В фазу стеблевания частота встречаемости МК и интенсивность МК соответственно на 5,5–6,7 % и 24,0–41,5 % выше штамма RCAM00320 (рис. 2). Ассоциация 1-16 также превышала остальные обработки АМГ по обилию арбускул на 29,6–48,2 %. Обилие везикул определено 13,6–30,5 % во всех вариантах, кроме 5-16, в котором они встречались единично (рис. 3). Это, а также высокая интенсивность МК и обилие арбускул означают, что гриб еще не закончил цикл развития и будет продолжать взаимодействовать с растением. В фазу цветения МК (интенсивность, обилие арбускул и везикул) повысилась на 22,4–24,4 % только в варианте с внесением RCAM00320 по сравнению с фазой стеблевания. Остальные изучаемые ассоциации АМГ менее обильно присутствовали в корнях, увеличив только количество везикул на 10,3–24,1 % по сравнению с предыдущей стадией развития растений. Во второй изучаемой фазе эксперимента интенсивность МК и обилие арбускул были наибольшими у RCAM00320 и 1-16 и составили 66,8–73,0 % и 55,9–58,7 % соответственно.

## СИМБИОТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ АССОЦИАЦИЙ ГРИБОВ ...

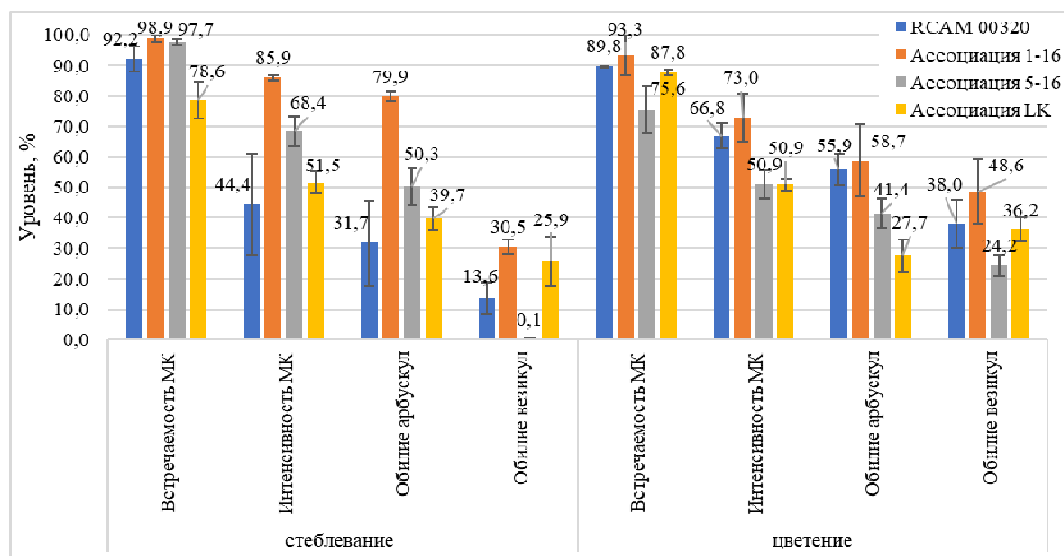


Рис. 2. Уровень микоризной колонизации (МК) корней кориандра новыми ассоциациями грибов АМ ( $p \leq 0,05$ ).

Развитие АМ в корнях способствовало усиленному поглощению фосфора из нерастворимого ортофосфата кальция в субстрате (рис. 4). Все АМГ в комплексе с бактериализацией семян и отдельная обработка КМП увеличивали содержание фосфора в побегах и корнях в фазу стеблевания и в надземной части растения в фазу цветения на 0,9–5,0 мг (в 1,3–2,8 раза), 0,6–4,4 мг (в 1,1–2,0 раза) и 0,7–2,0 мг (в 1,3–1,9) соответственно по сравнению с вариантом без обработки микроорганизмами. В КМП присутствует штамм *Lelliottia nimipressuralis* 32-3, который выделен как фосфатмобилизующая бактерия [Чайковская, 2019], на чем основано свойство всего комплексного биопрепарата растворять неорганический фосфор и поставлять его растениям. Также в ходе вегетационного опыта показано, что АМГ значительно увеличили поступление фосфора в побеги *C. sativum* на 1,7–4,1 мг (45,9–110,8 %) в фазу стеблевания и 2,2–3,8 мг (43,1–74,5 %) в фазу цветения по сравнению с работой бактерий, входящих в состав КМП.

Усвоение фосфора положительно отразилось на продуктивности растений кориандра. При этом в фазу стеблевания сухая масса растений повысилась на 7,2 мг при взаимодействии с ассоциацией 5-16 в сравнении с контролем и на 10,7 мг в сравнении с обработкой только КМП (табл. 1). В фазу цветения кориандра интенсивность роста под действием изучаемых ассоциаций и штамма АМГ усилилась и продуктивность растений относительно контроля составила +7,0–17,3 мг/растение. По усилению продуктивности рассчитали симбиотическую эффективность новых ассоциаций, которая в фазу цветения у ассоциации *F. mosseae* 1-16 составила 26,5 % к контролю и 35,5 % к КМП. Отмечено, что симбиотическая эффективность новой ассоциации значительно на 15,8–16,9 % выше штамма-референта в условиях эксперимента.

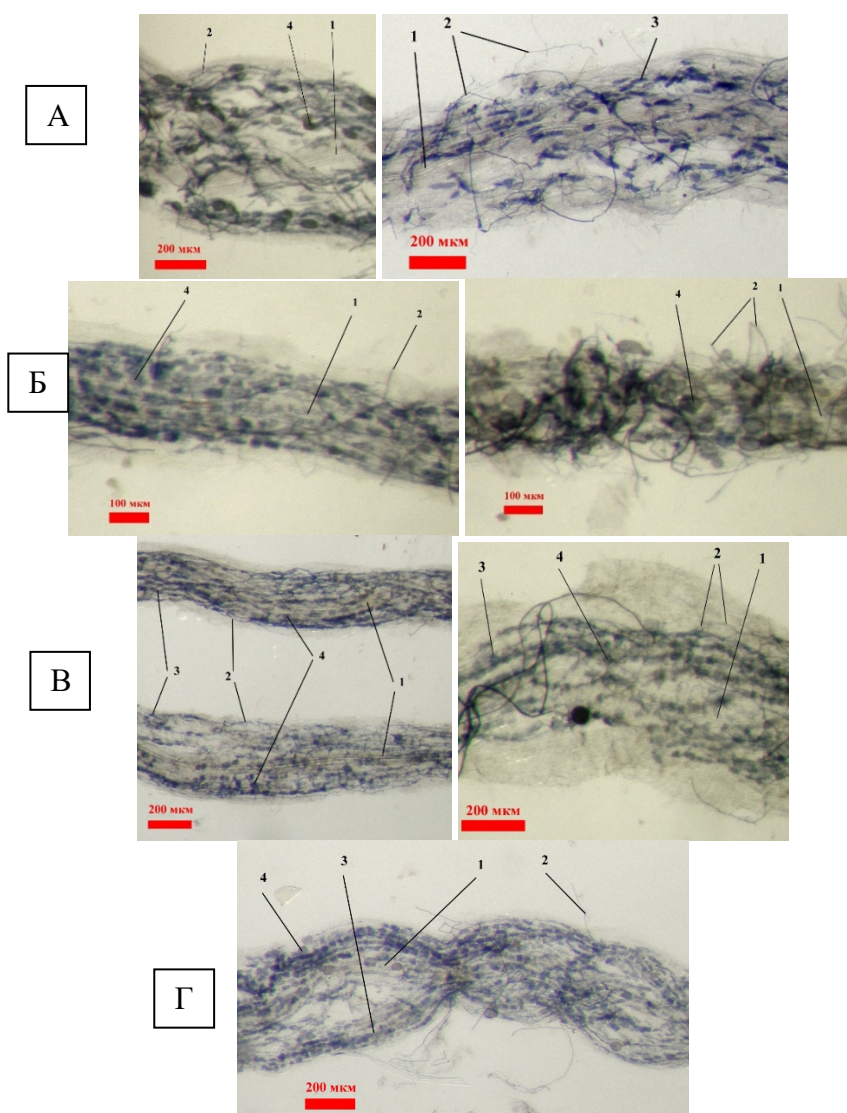


Рис. 3. Внутрикорневые структуры АМ, образованные новыми ассоциациями с кориандром посевным.

Примечания: А – *R. irregularis* RCAM 00320, Б – *F. mosseae* 1-16, В – *F. mosseae* 5-16, Г – ассоциация LK; 1 – осевой цилиндр корня, 2 – гифы АМГ; 3 – арбускулы, 4 – везикулы.



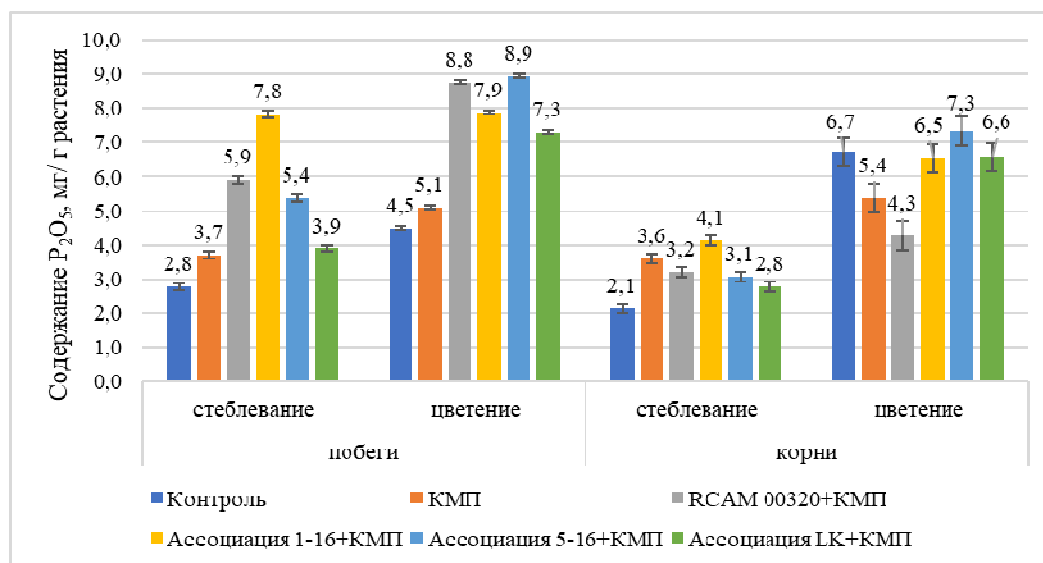


Рис. 4. Влияние бактеризации и микоризации на поступление фосфора в растения кориандра ( $p \leq 0,01$ )

Таблица 1

Влияние новых ассоциаций на симбиотическую эффективность взаимодействия с кориандром

	Сухая масса побегов, мг/растение		Симбиотическая эффективность к контролю, %		Симбиотическая эффективность к КМП, %	
	стеблевание	цветение	стеблевание	цветение	стеблевание	цветение
Контроль	44,3	65,1				
КМП	40,8	60,8	-7,9	-6,6		
RCAM 00320+КМП	46,8	<b>72,1</b>	5,7	10,7	14,8	18,6
Ассоциация 1-16+КМП	44,3	<b>82,4</b>	0,1	26,5	8,7	35,5
Ассоциация 5-16+КМП	<b>51,5</b>	<b>77,8</b>	16,4	19,4	26,3	27,8
Ассоциация LK+КМП	49,3	<b>77,0</b>	11,4	18,2	21,0	26,5
<i>HCP<sub>05</sub></i>	6,3	6,5				

Согласно проведенному корреляционному анализу определено, что показатели развития микоризы взаимно коррелируют друг с другом ( $r=0,73-0,98$ ) (рис. 5). Коэффициенты корреляции в условиях данного эксперимента показывают прямую зависимость между уровнями микоризации и содержанием фосфора в побегах ( $r=0,74-0,96$ ) в обоих фазах учета симбиотической эффективности. Значительной

взаимосвязи с содержанием фосфора в корнях не обнаружено. Масса побегов и симбиотическая эффективность коррелировали как с формированием микоризы, так и с содержанием фосфатов в побегах.

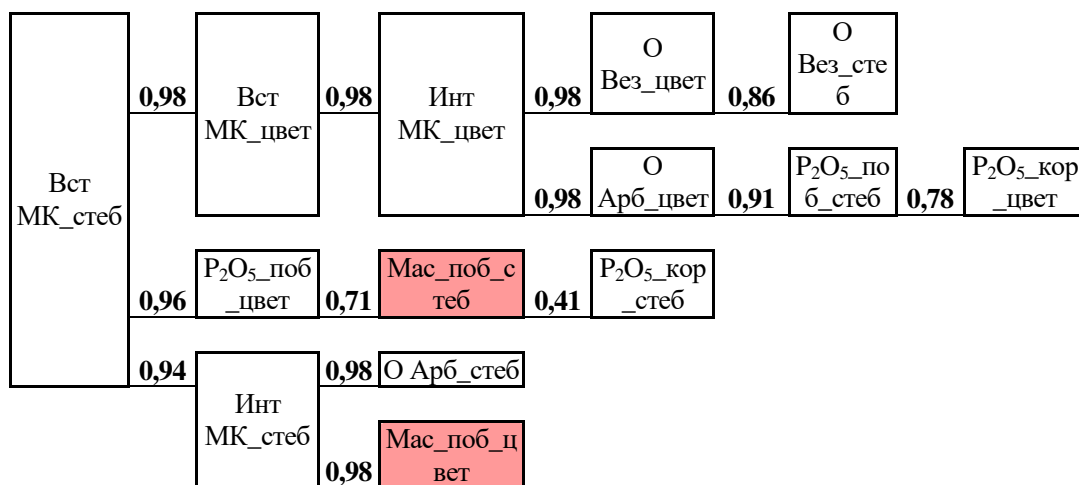


Рис. 5. Граф максимальных коэффициентов корреляции симбиотической эффективности новых ассоциаций грибов АМ при выращивании кориандра посевного.

Примечания: Мас – сухая масса, Вст – встречаемость, Инт – интенсивность, МК – микоризная колонизация, О Арб – обилие арбускул, О Вез – обилие везикул, Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – содержание фосфора, поб – побеги, кор – корни, стеб – фаза стеблевания, цвет – фаза цветения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом показано, что за счет формирования интенсивной арбускулярной микоризы и усвоения нерастворимых фосфатов растения кориандра повышают свою продуктивность в симбиозе с комплементарными парами АМ грибов. Выявлено значительное ускорение формирования микоризы у ассоциаций *F. mosseae* 1-16 и *F. mosseae* 5-16 на 5,5–6,7 % и 24,0–41,5% соответственно частоты встречаемости МК и интенсивности МК по сравнению с штаммом-референтом *R. irregularis* RCAM00320. Отмечено, что симбиоз с микоризными усиливает поступление фосфатов в побеги растения на 1,7–4,1 мг (45,9–110,8 %) в фазу стеблевания и 2,2–3,8 мг (43,1–74,5 %) в фазу цветения по сравнению с работой бактерий входящих в состав КПП. Наиболее активной в симбиозе с *C. sativum* была ассоциация 1-16, симбиотическая эффективность которой составила 26,5 % к контролю и 35,5 % к КПП, повысив продуктивность растений в фазу цветения на 17,3 мг. Ассоциаций *F. mosseae* 1-16 будет использована в дальнейших экспериментах и для разработки биопрепарата на ее основе с целью повышения продуктивности растений, в т.ч. кориандра посевного.

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда № 23-26-00241

Список литературы

1. Coriander [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.tridge.com/intelligences/coriander/production/> (дата обращения 05.12.2023)
2. FAOSTAT [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL/> (дата обращения 05.12.2023)
3. Радченко В. А. Культура кориандра в Крыму / В. А. Радченко, И. М. Гачков // Культура народов Причерноморья. – 2008. – № 125. – С. 132–134
4. Тимиргалиева П. Р. Комплексный механизм управления развитием эфиромасличного производства в Республике Крым: монография. / Тимиргалиева П. Р., Паштецкий В. С., Вердыш М. В., Попова А. А., Полякова Н. Ю. – Симферополь : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – 216 с.
5. Smith S. Mycorrhizal Symbiosis / Smith S., Read D. – Academic Press. – 2008. – 787 p.
6. Schüßler A. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution / A. Schüßler, D. Schwarzott, C. Walker // Mycology. – 2001. – Vol. 105. – P. 1413–1297.
7. Redecker D. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) / D. Redecker, A. Schüßler, H. Stockinger // Mycorrhiza. – 2013. – V. 23. – P. 515–531.
8. Bücking H. Common mycorrhizal networks and their effect on the bargaining power of the fungal partner in the arbuscular mycorrhizal symbiosis / Bücking H., Mensah J. A., Fellbaum C. R. // Communicative & Integrative Biology. – 2016. – Vol. 9 (1). – A. e1107684 – <http://dx.doi.org/10.1080/19420889.2015.1107684>.
9. Barea J. M. Azcon-Aguilar C. Microbial cooperation in the rhizosphere / Barea J. M., Pozo M. J., Azcon R. // J Exp. Bot. – 2006. – Vol. 56. – P. 1761–1778.
10. Curaqueo G. Tillage effect on soil organic matter, mycorrhizal hyphae and aggregates in a Mediterranean agroecosystem / Curaqueo G., Acevedo E., Cornejo P., Seguel A., Rubio R., Borie F. // J Soil Sci. Plant. Nut. – 2010. – Vol. 10. – P. 12–21.
11. Mardhiah U. Arbuscular mycorrhizal fungal hyphae reduce soil erosion by surface water flow in a greenhouse experiment / Mardhiah U., Caruso T., Gurnell A., Rillig M. // Appl Soil Ecol. – 2016. – Vol. 99. – P. 137–140.
12. Egerton-Warburton L. M. Common mycorrhizal networks provide a potential pathway for the transfer of hydraulically lifted water between plants / Egerton-Warburton L. M., Querejeta J. I., Allen M. F. // Journal of Experimental Botany. – 2007. – Vol. 58, No. 6. – P. 1473.
13. Khalvati M. A. Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress / Khalvati M. A., Hu Y., Mozafar A., Schmidhalter U. // Plant Biol. – 2005. – Vol. 7. – P. 706–712.
14. Ruth B. Quantification of mycorrhizal water uptake via high-resolution on-line water content sensors / Ruth B., Khalvati M., Schmidhalter U. // Plant Soil. – 2011. – Vol. 342. – P. 459–468.
15. Kikuchi Y. Aquaporin-mediated long-distance polyphosphate translocation directed towards the host in arbuscular mycorrhizal symbiosis: application of virus-induced gene silencing / Kikuchi Y., Hijikata N., Ohtomo R., Handa Y. // New Phytologist. – 2016. – Vol. 211(4). – P. 1202–1208.
16. Chitarra W. Arbuscular mycorrhizal symbiosis-mediated tomato tolerance to drought / Chitarra W., Maserti B., Gambino G., Guerrieri E., Balestrini R. // Plant Signaling & Behavior. – 2016. – Vol. 11 (7). – Article: e1197468. – <http://dx.doi.org/10.1080/15592324.2016.1197468>.
17. Li T. Aquaporin genes GintAQPF1 and GintAQPF2 from Glomus intraradices contribute to plant drought tolerance / Li T., Hu Y.-J., Hao Z.-P., Li H., Chen B.-D. // Plant Signaling & Behavior. – 2013. – Vol. 8 (5). – e24030. – DOI: 10.4161/psb.24030.
18. Li T. First cloning and characterization of two functional aquaporin genes from an arbuscular mycorrhizal fungus Glomus intraradices / Li T., Hu Y.-J., Hao Z.-P., Li H., Chen B.-D. // New Phytol. – 2013. – Vol. 197. – P. 617–630. – <http://dx.doi.org/10.1111/nph.12011>.
19. Rydlová J. Arbuscular mycorrhiza differentially affects synthesis of essential oils in coriander and dill / Rydlová J., Jelínková M., Dušek K., Dušková E., Vosátka M., Püschel D. // Mycorrhiza. – 2016. – Vol. 26. – P. 123–131.
20. Weisany W. Funneliformis mosseae fungi changed essential oil composition in *Trigonella foenum graecum* L., *Coriandrum sativum* L. and *Nigella sativa* L. / Weisany W., Sohrabi Y., Siosemardeh A.,

- Ghassemi-Golezani K. // Journal of essential oil research. – 2017. – Vol. 29. No 3. – P. 276–287. DOI 10.1080/10412905.2016.1216469
21. Fatemi H. How mycorrhiza symbiosis help coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants grow better under contaminated soil? / Fatemi H., Esmailpour B., Sefidkon F., Soltani A. A., Nematollahzadeh A. // Journal of plant nutrition. – 2020. – Vol. 43. – P. 2040–2053. DOI: 10.1080/01904167.2020.1766069
  22. Абдурашитов С. Ф. Вплив мікросимбіонтів на урожайність сої / С. Ф. Абдурашитов // Сільськогосподарська мікробіологія. – 2012. – № 15–16. – С. 29–39. – EDN YSZGJY.
  23. Юрков А. П. Полиморфизм грибов арбускулярной микоризы по симбиотической эффективности с облигатно-микотрофной люцерной хмелевидной / Юрков А. П., Якоби Л. М., Степанова Г. В., Шишова М. Ф. // Биотехнологии в комплексном развитии регионов : материалы международной научно-практической конференции, Москва, 15–17 марта 2016 года. – Москва: Закрытое акционерное общество "Экспо-биохим-технологии", 2016. – С. 57–58. – EDN UIJCAA.
  24. Юрков А. П. Взаимосвязь показателей активности и эффективности штаммов грибов арбускулярной микоризы различного происхождения / А. А. Крюков, Л. М. Якоби, А. П. Кожемяков, М. Ф. Шишова // Таврический вестник аграрной науки. – 2017. – № 4(12). – С. 31–41. – EDN ZXHPQN.
  25. Лабутова Н. М. Методы исследования арбускулярных микоризных грибов / Н. М. Лабутова – СПб.: Инновационный центр защиты растений ВИЗР, 2000. – 24 с.
  26. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Доспехов Б. А. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
  27. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии / Сэги Й [пер. с венг. И. Ф. Куренного]. – Москва : Колос, 1983. – 296 с.
  28. Лабутова Н. М. Методы исследования арбускулярных микоризных грибов / Н. М. Лабутова – СПб.: Инновационный центр защиты растений ВИЗР, 2000. – 24 с.
  29. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Доспехов Б.А. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
  30. Патент RU № 2528864 С2. Способ экспресс-определения симбиотической эффективности грибов арбускулярной микоризы и индексов микоризации / Юрков А. П.: патентообладатель Юрков А. П.; опубл. 20.09.2014.
  31. Методические рекомендации по использованию граф-анализа в исследованиях систем, состоящих из биотических и абиотических компонентов / Воробьев Н. И., Свиридова О. В., Кутузова Р. С. (2-е издание, переработанное и дополненное) – СПб.: ГНУ ВНИИСХМ. 2006. – 59 с.

## **SYMBIOTIC EFFICIENCY OF NEW ASSOCIATIONS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZA FUNGI IN INTERACTION WITH *CORIANDRUM SATIVUM***

***Abdurashitov S. F.<sup>1</sup>, Alekseeva A. I.<sup>1</sup>, Gritsevich K. S.<sup>1</sup>, Seitadzhieva S. B.<sup>1</sup>,  
Zubochenko A. A.<sup>1</sup>, Yurkov A. P.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea", Simferopol, Republic of the Crimea, Russia*

<sup>2</sup>*ARRIAM, Saint Petersburg, Russia*

*E-mail: asuleyman83@rambler.ru*

Coriander (*Coriandrum sativum* L.) occupies the largest growing area among essential oil plants in Crimea, whose soils have low reserves of soluble phosphates. It is also known that during the interaction of arbuscular mycorrhiza (AM) fungi and plants, microsymbionts are able to provide the macrosymbiont with hard-to-reach soluble phosphorus nutrients. Therefore, we set the task, under conditions of insufficient supply of soluble phosphates, to analyze the development of various associations of AM fungi in coriander roots and their impact on the symbiotic efficiency and productivity of plants. During the experiments, it was determined that of the 6 new associations of AM fungi, the

best was the association *Funneliformis mosseae* 1-16. The association rapidly formed symbiotic structures compared to the reference strain *Rhizophagus irregularis* RCAM00320 during the stemming phase. The frequency of occurrence of mycorrhizal colonization increased by 6.7 %, the intensity of MC by 41.5 %, the abundance of arbuscules by 48.2 %, and the abundance of vesicles by 16.9 %. A direct relationship was shown between the formation of AM and the phosphorus content in coriander stems for all studied associations of AM fungi. The presence of phosphorus in the roots weakly correlated with the formation of symbiotic structures both in the stemming and flowering phases of plants. Mycorrhizal fungi contributed to an increase in plant productivity (dry weight of shoots) relative to the control by 7.0–17.3 mg. The *F. mosseae* 1-16 association actively colonized coriander roots and supplied additional phosphorus from insoluble fertilizers ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ), and the symbiotic efficiency reached 26.5 % compared to the control and 35.5 % to the CMP in the flowering phase.

**Keywords:** *Coriandrum sativum*, arbuscular mycorrhiza, symbiotic structures, mycorrhizal colonization, complex of biological products, phosphorus absorption, plant productivity.

### References

1. Coriander [Electronic resource]. – URL: <https://www.tridge.com/intelligences/coriander/production/> (accessed 05.12.2023)
2. FAOSTAT [Electronic resource]. – URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL/> (accessed 05.12.2023)
3. Radchenko V. A., Gachkov I. M., Culture of coriander in the Crimea, *Culture of the peoples of the Black Sea region*, **125**, 132 (2008).
4. Timirgalieva R. R., Pashetkiy V. S., Verdysh M. V., Popova A. A., Polyakova N. Yu., *A comprehensive mechanism for managing the development of essential oil production in the Republic of Crimea*, 216 p. (Ariel, Simferopol, 2023).
5. Smith S., Read D., *Mycorrhizal Symbiosis*, 787 p. (Academic Press, 2008).
6. Schüßler A., Schwarzott D., Walker C., A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution, *Mycology*, **105**, 1413 (2001).
7. Redecker D., Schüßler A., Stockinger H., An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), *Mycorrhiza*, **23**, 515 (2013).
8. Bücking H., Mensah J. A., Fellbaum C. R., Common mycorrhizal networks and their effect on the bargaining power of the fungal partner in the arbuscular mycorrhizal symbiosis, *Communicative & Integrative Biology*, **9**(1) (2016).
9. Barea J. M., Pozo M. J., Azcon R., Azcon-Aguilar C., Microbial cooperation in the rhizosphere, *J Exp. Bot*, **56**, 1761 (2006).
10. Curaqueo G., Acevedo E., Cornejo P., Seguel A., Rubio R., Borie F., Tillage effect on soil organic matter, mycorrhizal hyphae and aggregates in a Mediterranean agroecosystem, *J Soil Sci. Plant. Nut*, **10**, 12 (2010).
11. Mardhiah U., Caruso T., Gurnell A., Rillig M., Arbuscular mycorrhizal fungal hyphae reduce soil erosion by surface water flow in a greenhouse experiment, *Appl Soil Ecol*, **99**, 137 (2016).
12. Egerton-Warburton L. M., Querejeta J. I., Allen M. F., Common mycorrhizal networks provide a potential pathway for the transfer of hydraulically lifted water between plants, *Journal of Experimental Botany*, **58**, **6**, 1473 (2007).
13. Khalvati M. A., Hu Y., Mozafar A., Schmidhalter U., Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress, *Plant Biol.*, **7**, 706 (2005).

14. Ruth B., Khalvati M., Schmidhalter U., Quantification of mycorrhizal water uptake via high-resolution on-line water content sensors, *Plant Soil*, **342**, 459 (2011).
15. Kikuchi Y., Hijikata N., Ohtomo R., Handa Y., Aquaporin-mediated long-distance polyphosphate translocation directed towards the host in arbuscular mycorrhizal symbiosis: application of virus-induced gene silencing, *New Phytologist*, **211(4)**, 1202 (2016).
16. Chitarra W., Maserti B., Gambino G., Guerrieri E., Balestrini R., Arbuscular mycorrhizal symbiosis-mediated tomato tolerance to drought, *Plant Signaling & Behavior*, **11(7)** (2016).
17. Li T., Hu Y.-J., Hao Z.-P., Li H., Chen B.-D., Aquaporin genes GintAQP1 and GintAQP2 from *Glomus intraradices* contribute to plant drought tolerance, *Plant Signaling & Behavior*, **8(5)** (2013).
18. Li T., Hu Y.-J., Hao Z.-P., Li H., Chen B.-D., First cloning and characterization of two functional aquaporin genes from an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*, *New Phytol.*, **197**, 617 (2013).
19. Rydlová J., Jelínková M., Dušek K., Dušková E., Vosátka M., Püschel D., Arbuscular mycorrhiza differentially affects synthesis of essential oils in coriander and dill, *Mycorrhiza*, **26**, 123 (2016).
20. Weisany W., Sohrabi Y., Siosemardeh A., Ghassemi-Golezani K., Funneliformis mosseae fungi changed essential oil composition in *Trigonella foenum graecum* L., *Coriandrum sativum* L. and *Nigella sativa* L., *Journal of essential oil research*, **29 3**, 276 (2017).
21. Fatemi H., Esmailpour B., Sefidkon F., Soltani A. A., Nematollahzadeh A., How mycorrhiza symbiosis help coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants grow better under contaminated soil, *Journal of plant nutrition*, **43**, 2040 (2020).
22. Abdurashitov S. F., The influence of microsymbionts on soybean productivity, *Agricultural microbiology*, **15-16**, 29 (2012).
23. Yurkov A. P., Yakobi L. M., Stepanova G. V., Shishova M. F., Polymorphism of fungi of arbuscular mycorrhiza by symbiotic efficacy with obligate-mycotrophic alfalfa hop, *Biotechnologies in the complex development of regions: proceedings of the international scientific and practical conference*, (Moscow, 2016).
24. Yurkov A. P., Kryukov A. A., Yakobi L. M., Kozhemyakov A. P., Shishova M. F., Interrelation of indicators of activity and effectiveness of strains of fungi of arbuscular mycorrhiza of various origins, *Tauride Bulletin of Agrarian Science*, **4(12)**, 31 (2017).
25. Labutova N. M., *Methods of research of arbuscular mycorrhizal fungi*, 24 p. (VIZR, St. Petersburg, 2000).
26. Dospekhov B. A., *Methodology of field experience*, 352 p. (Agropromizdat, Moscow, 1985).
27. Sagi Y., *Methods of soil microbiology*, 296 p. (Kolos, Moscow, 1983).
28. Labutova N. M., *Methods of research of arbuscular mycorrhizal fungi*, 24 p. (VIZR, St. Petersburg, 2000).
29. Dospekhov B. A., *Methodology of field experience*, 352 p. (Agropromizdat, Moscow, 1985).
30. Patent RU No. 2528864 C2. A method for express determination of the symbiotic effectiveness of arbuscular mycorrhiza fungi and mycorrhization indices / Yurkov A. P.: patent holder Yurkov A. P.; publ. 09/20/2014.
31. Vorobyov N. I., Sviridova O. V., Kutuzova R. S., *Methodological recommendations on the use of graph analysis in the research of systems consisting of biotic and abiotic components*, 59 p. (ARRIAM, St. Petersburg, 2006).

**УДК 616.718-073:612.76**

## **ДИНАМИКА СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У БОЛЬНЫХ ДЦП, СПАСТИЧЕСКАЯ ДИПЛЕГИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАНЯТИЙ НА СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЕ, РОБОТИЗИРОВАННОМ КОМПЛЕКСЕ «ЭКЗОКИСТЬ-2» В СОЧЕТАНИИ С САНАТОРНО- КУРОРТНЫМ ЛЕЧЕНИЕМ**

*Власенко С. В.<sup>1</sup>, Павленко В. Б.<sup>3</sup>, Орехова Л. С.<sup>2</sup>, Бирюкова Е. А.<sup>2</sup>, Османов Э. А.<sup>1</sup>,  
Власенко Ф. С.<sup>2</sup>, Бабанов Н. Д.<sup>2,4</sup>*

<sup>1</sup>ГБУЗРК «Научно-исследовательский институт детской курортологии, физиотерапии и  
медицинской реабилитации», Евпатория, Республика Крым, Россия

<sup>2</sup>НКЦ «Технологии здоровья и реабилитации» (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ  
им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь,  
Республика Крым, Россия

<sup>4</sup>ФГБНУ «ФИЦ оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических  
технологий», Москва, Россия

*E-mail: fedor.vlasenko2019@mail.ru*

Целью исследования являлось изучение динамики стабилOMETрических показателей у больных ДЦП со спастической диплегией под влиянием санаторно-курортного лечения. В наблюдении участвовало 78 детей с ДЦП, среди которых назначались занятия на стабилОПлатформе (n=28), занятия на роботизированном комплексе «Экзокисть-2» (n=28), и курс санаторно-курортного лечения (n=22). Всем пациентам до и после курса реабилитации проводилось тестирование по шкале двигательной активности и устойчивости Тинетти. Инструментальная диагностика проводилась на стабилOMETрическом комплексе. Показано, что активизация зрительного контроля за функцией равновесия произошла после занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2», что позволило сделать вывод об его эффективности при дефиците постурального контроля, в то время как при нарушениях окулomotorного и подошвенного контролей, экстерорецепции мышц необходимо использовать занятия на стабилОПлатформе.

**Ключевые слова:** детский церебральный паралич, стабилOMETрия, робототерапия, реабилитация.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Двигательные нарушения у детей с детским церебральным параличом (ДЦП) являются одним из основных инвалидизирующих факторов, препятствующих полноценной социальной адаптации [1–3]. Развитие моторики, обучение самостоятельно передвигаться требует включения в локомоцию как верхних, так и нижних конечностей. Отсутствие ранее сформированных функциональных систем, двигательной «памяти» так же требует выработки определенных подходов к формированию программ реабилитации. Несомненно, положительным фактором в детской реабилитации является высокая нейропластичность развивающейся

нервной системы, что позволяет формировать «нужный» двигательный стереотип через создание новых функциональных взаимосвязей в структурах нервной, опорно-двигательной систем. Топологическая представленность двигательных центров в различных отделах мозга, их перекрываемость, взаимозаменяемость позволяет через активизацию одних отделов стимулировать развитие других. Доказанным является факт влияния развития манипулятивных навыков на звуко-речеобразование. В настоящее время наиболее изучено влияние на процессы нейропластичности различных роботехнических методов, так как происходит их активное развитие и внедрение в практику. Рядом проведенных исследований доказано, что у детей с ДЦП под влиянием занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2» в комплексе с санаторно-курортным лечением происходит активизация выработки нейротрофических факторов, необходимых для формирования необходимых функциональных систем [2].

Постуральная неустойчивость у детей с церебральным параличом является одним из основных патологических факторов, препятствующих формированию самостоятельного передвижения. Центральная нервная система (ЦНС), анализируя сенсорную информацию от различных систем организма и формирует адекватный моторный ответ для поддержания позы и равновесия. Таким образом, вся поступающая в мозг информация и выходящие сигналы должны пройти через структуры ЦНС, включающие проводники и нейроны. Зрительная, вестибулярная и соматосенсорная системы являются основными составляющими, участвующими в постуральном контроле и поддержании равновесия. При наличии очагов повреждения и отсутствия сформированных функциональных систем у детей, больных ДЦП, развитие постурального контроля происходит со значительной задержкой [4–12]. Поэтому изучение влияния различных методов реабилитации на формирование функции равновесия, оценка степени их эффективности у больных детским церебральным параличом продолжает оставаться актуальной проблемой [13].

Санаторно-курортный этап реабилитации в настоящее время востребован, пользуется популярностью среди родителей детей с ДЦП. Так как в условиях специализированных учреждений санаторно-курортного типа возможно сочетание методов реабилитации, применяемых в специализированных стационарах, в том числе роботизированных, инновационных методов и различных бальнеологических методик, традиционно используемых исключительно на курортах. В санаториях внедряются различные реабилитационные методики. Продолжается изучение оптимальных сочетаний «традиционных» процедур и разработанных в последнее время роботизированных методов с целью повышения эффективности этапа реабилитации [2, 3].

**Целью** данного исследования стало изучение динамики стабилметрических показателей у больных ДЦП, спастическая диплегия под влиянием санаторно-курортного лечения с применением стабилметрической платформы, и занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2».



## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено рандомизированное сравнительное проспективное исследование. Исследование проведено в соответствии с юридическими и этическими нормами, предусмотренными Хельсинкской Декларацией, действующим законодательством РФ, а также принципами Надлежащей клинической практики (GCP), в соответствии с протоколом, рассмотренным и одобренным комитетом по биоэтике. Заключение комиссии по биоэтике ГБУЗ РК «Научно-исследовательский институт детской курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации» от 14.12.2022, № 7. Все лица, участвующие в исследовании, подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Под нашим наблюдением находилось 78 детей больных детским церебральным параличом, форма спастическая диплегия, проходивших лечение в ГБУ РК «Санаторий для детей и детей с родителями «Чайка» им. Гелиловичей». Все пациенты подписывали информированное согласие на участие в нем. Критерии включения: возраст от 7 до 12 лет, средний возраст больных составил  $10,1 \pm 0,4$  года; наличие постуральной неустойчивости центрального генеза, объективно подтвержденной при стабилометрическом исследовании; отсутствие снижения когнитивных функций. Все участники с ДЦП имели I или II уровни классификации по общей двигательной функциональной системе (GMFCS), что указывало на легкие нарушения подвижности и способность стоять и ходить без посторонней помощи. Критерии исключения: отказ пациента от участия в исследовании; наличие других заболеваний ЦНС; постуральные расстройства периферического генеза; общие противопоказания для проведения реабилитационных мероприятий. III или IV уровни классификации по общей двигательной функциональной системе (GMFCS), что указывало на тяжелые нарушения подвижности и не возможности стоять и ходить без посторонней помощи.

Длительность реабилитации составила 14 дней. Процедуры назначались в соответствии с клиническими рекомендациями, стандартами лечения данной патологии. В курсовое лечение включались процедуры общего воздействия (пеллоидотерапия, гидрокинезотерапия в ваннах с термальной водой), а также местного (электростимуляция ослабленных мышц, магнитотерапия). Все дети проходили курс массажа, лечебной гимнастики. Все пациенты были распределены на две группы. Основную группу (ОГ) составили дети (28 ребенка), которым, помимо вышеперечисленных процедур, назначались занятия на стабилотренинге (тренажер баланса «Траст-М») в течение всего времени пребывания в санатории. Исследование проводилось по общепринятой методике с закрытыми и открытыми глазами при установке стоп по принятому американскому стандарту. Испытуемые находились в положении стоя, без использования дополнительных средств опоры в течение 30 с. При проведении реабилитационных тренировок в режиме БОС с использованием виртуальной 3D среды достигался «эффект погружения». Наличие стереоизображения позволяет обеспечить эффект присутствия [2]. Таким образом, ребенок находился в привычной ситуации «компьютерной игры», выбирались игры интересные ребенку (бег в лесу, гонки, преодоление препятствий). Занятия проводились ежедневно, длительность одного сеанса составляла 20 минут.

Тестирование проводилось на протяжении всех занятий. Изучались следующие параметры: коэффициент Ромберга QR – отношение площадей теста Ромберга при пробе глаза открыты и при пробе глаза закрыты, показывает соотношение вклада зрительного и проприоцептивного анализаторов. %. Показатель затраченной работы А, ДЖ, среднеквадратичное отклонение (смещение) проекции общего центра давления (ОЦД) по двум осям – фронтальной и сагитальной (X и Y, мм); показатель стабильности Stab %.

Группу сравнения (28 детей) составили больные, прошедшие в течение пребывания в санатории курс занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2». Каждый ребенок ГС проходил по 10 сеансов реабилитационных процедур с помощью НИМК экзоскелет кисти «Экзокисть-2». Работа НИМК основана на анализе паттернов ЭЭГ, возникающих при воображении разгибания кисти. В течение сеанса ситуация воображения движений каждой руки повторялась 24 раза.

Контрольную группу (КГ) составили 22 пациентов, получивших курс санаторно-курортного лечения. Контроль состояния пациентов проводили по завершении указанного курса реабилитации. Длительность курсового лечения составляла 14 дней. Количество процедур не превышала №8.

Степень нарушения равновесия и двигательной активности пациента измерялась по шкале двигательной активности и устойчивости Тинетти. При работе с субшкалой «Общая устойчивость» оценивалось удержание равновесия с помощью или без помощи рук или вспомогательных средств, а также устойчивость при изменении положения тела. При работе с субшкалой «Походка» оценивалась быстрота начала движений, наличие «пропульсий» и «ретропульсий», темп ходьбы, устойчивость при ходьбе, использование вспомогательных средств. Степень нарушения походки (баллы): 0–10 – значительная; 11–13 – умеренная; 14–15 – легкая; 16 – норма. Степень ограничения двигательной активности и способности сохранять равновесие (баллы): 0–20 – значительное; 21–33 – умеренная; 34–38 – легкая; 39–40 – норма.

Статистическая обработка данных осуществлялась на персональном компьютере с использованием стандартного пакета SPSS v. 23. Определялись средние значения показателей и их ошибки, достоверность между средними величинами вычислялась по t-критерию Стьюдента. Разница считалась статистически достоверной при уровне вероятности  $p < 0,05$ . При обработке данных также использовались непараметрические критерии (критерий Пирсона –  $\chi^2$ ).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

При исследовании двигательной сферы пациентов оценивались показатели устойчивости и удержания равновесия. Суммарный балл по субшкале «Общая устойчивость» в обеих группах составил  $9,53 \pm 0,94$ . Суммарный балл по субшкале «Походка» –  $7,45 \pm 0,13$ . Согласно полученным данным, у пациентов исследуемых групп степень нарушения общей устойчивости была значительной. Удержание равновесия у больных ДЦП осуществлялось с помощью рук или вспомогательных средств. Были нарушены возможности вставания, поворотов, наклонов туловища. У больных ДЦП были значительно затруднены параметры начала ходьбы. Шаг был

несимметричный, ходьба – прерывистой с колебаниями во всех плоскостях, усиливающихся при поворотах. Поза туловища при ходьбе была в положении «тройного сгибания» и разгибания. Ограничения двигательной активности и способности сохранять равновесие у больных ДЦП со спастической диплегией были значительными. Сформировавшийся двигательный стереотип затруднял социальную адаптацию пациентов, необходимо было постоянное сопровождение ребенка, уход посторонними лицами.

Анализ стабилOMETрических данных до реабилитации позволил выявить при 1-м исследовании: коэффициент Ромберга (QR) составил в среднем  $76.17 \pm 1.67 \%$ , показатель затраченной работы (А),  $110.06 \pm 48.75$  ДЖ, среднеквадратичное отклонение (смещение) проекции общего центра давления (ОЦД) по двум осям – фронтальной (Х) –  $35,6 \pm 6,35$  мм и сагитальной (У) –  $37,32 \pm 6,35$  мм; показатель стабильности (Stab) –  $15,49 \pm 6,35 \%$ . Согласно полученным в ходе исследования данным, коэффициент Ромберга практически был в два раза ниже среднего показателя у здоровых детей (159 %), что характеризовалось как незначительная динамика площади сатокинезиограммы при открытых и закрытых глазах. Таким образом, зрительный контроль за функцией равновесия у детей с ДЦП практически отсутствовал.

Данные корреляционного анализа взаимосвязи между результатом клинического исследования и данными стабилOMETрии представлены в таблице 1.

**Таблица 1**  
**Результаты корреляционного анализа показателей клинических показателей по шкале Тинетти и стабилOMETрических данных у больных ДЦП**

Показатели	R	p
Общая устойчивость / QR	0,89	0,002
Походка / QR	0,68	0,004
Общая устойчивость / А	0,23	0,001
Походка / А	0,18	0,003
Общая устойчивость / Stab	0,72	0,04
Походка / Stab	0,47	0,002
Общая устойчивость / ОЦД Х	0,36	0,005
Походка / ОЦД Х	0,3	0,05
Общая устойчивость / ОЦД У	0,72	0,001
Походка / ОЦД У	0,45	0,004

Согласно приведенным данным, отмечается высокая степень корреляции показателей по шкале Тинетти с коэффициентом Ромберга в группах больных ДЦП. Показатель «Общей устойчивости» имел высокую корреляционную зависимость с показателем Stab, ОЦД Y. Корреляционной связи не выявлено между показателями по шкале Тинетти и показателем затраченной работы (А), ОЦД X, слабая связь зафиксирована показатели по шкале Тинетти (Походка) с ОЦД Y, Stab.

Значимая положительная динамика показателей клинического статуса и стабилметрических параметров на фоне стабилотренинга с БОС наблюдалась у пациентов ОГ. Отмечалось достоверное увеличение показателя QR до среднего уровня  $108,24 \pm 6,42\%$  ( $p < 0,05$ ). Больные ГС, прошедшие курс занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2», так же показали статистически значимую динамику по QR  $136,56 \pm 12,34\%$  ( $p < 0,05$ ), что можно было трактовать как возрастание роли зрительного контроля за поддержанием равновесия. В КГ было отмечено статистически недостоверное снижение показателя QR  $68,21 \pm 3,42\%$  ( $p > 0,05$ ). Энергетические затраты на поддержание позы в ОГ достоверно снизились и достигли средних показателей  $56,23 \pm 2,76$  ДЖ, в ГС и КГ произошло незначительное снижение, статистически недостоверное ( $98,36 \pm 21,48$  ДЖ  $101,45 \pm 36,21$  ДЖ,  $p > 0,05$ ). Статистически достоверной динамики по показателям среднеквадратичное отклонение (смещение) проекции общего центра давления (ОЦД) по двум осям в группах выявлено не было, однако отмечена тенденция на уменьшение данных показателей. Показатель стабильности (Stab) имел тенденцию к возрастанию до уровней: в ОГ  $46,28 \pm 2,05\%$ , ГС  $44,16 \pm 3,21\%$  и КГ  $38,67 \pm 5,11\%$  соответственно,  $p > 0,05$ .

Динамика показателей устойчивости и удержания позы представлена в таблице 2.

**Таблица 2**

**Динамика показателей устойчивости и удержания равновесия у пациентов после проведенного лечения, (M±m)**

Общая устойчивость	Показатели в группах (баллы)		
	ОГ (n=28)	ГС (n=28)	КГ (n=22)
Суммарный балл по субшкале «Общая устойчивость»	$9,62 \pm 0,2$ $18,85 \pm 0,21 \Delta^*$	$9,53 \pm 0,16$ $15,21 \pm 0,18 \Delta^*$	$9,53 \pm 0,16$ $11,43 \pm 0,26$
Суммарный балл по субшкале «Походка»	$7,49 \pm 0,16$ $7,78 \pm 0,16$	$7,45 \pm 0,13$ $7,26 \pm 0,16$	$7,45 \pm 0,13$ $7,03 \pm 0,16$

*Примечание:* в числителе первичные показатели до лечения, в знаменателе – после лечения. Достоверность отличий до и после проведенного лечения:  $\Delta$  –  $p < 0,05$ ; в сравнении с аналогичными показателями КГ после лечения: \* –  $p < 0,05$ .

Анализируя полученные данные, у пациентов всех групп отмечалась положительная динамика показателей общей устойчивости (статистически достоверная у пациентов ОГ и ГС): при присаживании на стул, вставания из положения лежа, а также улучшилось равновесие при стоянии на одной ноге в течение 5 секунд. Восстановилась правильная биомеханическая локомоция при начале движения ( $p < 0,05$ ). Достоверной положительной динамики других параметров ходьбы не было выявлено ( $p > 0,05$ ). У всех пациентов сохранилось передвижение с использованием вспомогательных средств.

Способность к удержанию равновесия является одним из основных условий в формировании функции самостоятельной ходьбы. У детей эта функция не является врожденной, она формируется постепенно с созреванием основных проводниковых путей от различных сенсорных систем, образования функциональных связей между различными отделами ЦНС. У детей со спастической диплегией детского церебрального паралича в клинической картине заболевания преобладает поражение нижних конечностей. Субстратом органического поражения мозга является повреждение проводников в перивентрикулярном пространстве белого вещества головного мозга. Постуральные расстройства у детей с ДЦП вызваны дисфункцией стато-кинетической системы и, в частности, опорно-двигательного аппарата нижних конечностей за счет патологического мышечного дисбаланса, ограничением активных, пассивных движений, активностью нередуцированных тонических рефлексов, несформированностью физиологических позно-тонических. Преобладающая в норме голеностопная стратегия поддержания равновесия, как наиболее эффективная и менее энергозатратная у детей с данной патологией отсутствует. Так как активность нередуцированных шейного симметричного, лабиринтного рефлексов, спастичность икроножных мышц голени приводит к развитию эквинусных установок в голеностопных суставах, опоре на передние отделы стоп. Баланс туловища помимо активности экстерорецепторов в подошве стоп, от которых идет информация о колебаниях тела, проприорецепции в суставах, информирующих о движении сегментов тела, зависит и от вязкоупругих свойств мышц. Мышца, находящаяся в состоянии постоянного тонического напряжения (спастичности), посылает постоянный поток импульсов, перекрывающих необходимую информацию о положении тела в данный момент и необходимости его изменения с целью восстановления устойчивости. Поэтому в исследуемой группе детей преобладала тазобедренная стратегия, характеризующаяся тем, что движения происходят за счет движений таза, что существенно увеличивает амплитуду, скорость и энергоемкость движений.

Анализируя данные первичного исследования, можно констатировать факт снижения влияния постуральных входов на развитие и поддержание позы, равновесия и передвижения. Две наиболее значимые сенсорные системы (окуломоторная-зрительный анализатор, подошвенная– проприорецепция кожи и стопы, экстерорецепция мышц) предоставляют центральным анализаторам патологически измененную информацию, отсутствует их взаимозаменяемость. Поэтому в реабилитации детей с ДЦП критически важно методами реабилитации

сформировать физиологический поток сенсорной информации от данных двух анализаторов.

Проведенные занятия на стабилметрическом комплексе активизировали оба сенсорных входа. Ребенок, играя на экране, активизирует зрительный постуральный анализатор, одновременно балансируя на стойке двумя ногами, стимулирует подошвенный. Проводимое санаторно-курортное лечение с включением процедур пеллоидотерапии, гидрокинезотерапии вызывает нормализацию мышечного тонуса, снижение уровня спастичности. Таким образом, происходит изменения на уровне мышечного аппарата, активности рецепторов, реагирующих на постоянное напряжение. Статистически значимое увеличение показателя QR в ОГ и КГ свидетельствует о возрастании влияния окуломоторного входа на постуральную устойчивость исследуемых. Снижение QR в КГ свидетельствует об отсутствии активизации окуломоторного контроля, при изменении подошвенного, мышечного в сторону его возрастания после проведенного комплекса санаторно-курортной реабилитации. В целом отмечено увеличение показателя Stab и снижение энергетических затрат на поддержание равновесия, что свидетельствует о выраженном положительном эффекте после комбинированного применения занятий на стабилметрическом комплексе, роботизированном комплексе «Экзокисть-2» и курсовом санаторно-курортном лечении. Преимущество методики игровых занятий на стабилметрическом комплексе заключается в простоте и неинвазивности и практически полном отсутствии противопоказаний. Немаловажным так же является то, что методика является «геймерской», ребенок находится в привычной для себя среде компьютерной игры.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Показано, что компьютерная стабилметрия – это метод диагностики и реабилитации стато-кинетической системы, позволяющий проводить необходимые исследования в ходе данной реабилитации. Занятия на роботизированном комплексе «Экзокисть-2» помимо активизации мануальной деятельности ребенка оказывают так же положительное влияние на постурологические возможности детей с ДЦП через повышение зрительного контроля за поддержание позы. Влияние санаторно-курортного лечения детей с церебральным параличом невозможно переоценить. Так как, сочетание природных преформированных факторов, современных методов реабилитации, в том числе роботизированных, позволяет повысить эффективность всего реабилитационного комплекса.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Республики Крым № 22-15-20035, <https://rscf.ru/project/22-15-20035/>.*

Список литературы

1. Барбаева С. Н. Эффективность коррекции нарушений позы у больных детским церебральным параличом / Барбаева С. Н., Кулишова Т. В. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – Т. 93, №. 2. – С. 17–19.
2. Фролов А. А. Интерфейс мозг-компьютер: нейрофизиологические предпосылки и клиническое применение / Фролов А. А., Бобров П. Д. // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2017. – Т. 67, №. 4. – С. 365–376.
3. Stavsky M. Cerebral palsy—trends in epidemiology and recent development in prenatal mechanisms of disease, treatment, and prevention / Stavsky M., Mor O., Mastrolia S. A. et al. // *Frontiers in pediatrics*. – 2017. – Т. 5. – С. 21.
4. Андреев Д. А. Интегральная характеристика эффективности постурального контроля как концептуальная платформа для оптимизации реабилитационных и восстановительных программ в спорте / Андреев Д. А., Кармазин В. В., Парастаев С. А. // Вестник Российского государственного медицинского университета. – 2017. – №. 6. – С. 5–12.
5. Гореликов А. Е. Современные аспекты стабилometrics и стабилотренинга в коррекции постуральных расстройств / Гореликов А. Е., Мельникова Е. А., Расаулова М. А., Рудь И. М. // Доктор. Ру. – 2017. – №. 11 (140). – С. 51–56
6. Скворцов Д. В. Стабилометрическое исследование: крат. рук. / Д. В. Скворцов. – М.: Маска, 2010. – 176 с.
7. Кожина Г. В. Влияние пассивного тактильного контакта руки на поддержание вертикальной позы человека / Кожина Г. В., Левик Ю. С., Попов А. К. [и др.] // Физиология человека. – 2017. – Т. 43, №. 4. – С. 70–77.
8. Barber L. Medial gastrocnemius muscle volume and fascicle length in children aged 2 to 5 years with cerebral palsy / Barber L., Hastings-Ison T., Baker R. [et al.] // *Developmental medicine & child neurology*. – 2011. – Т. 53, №. 6. – С. 543–548.
9. Lions C. Postural control in strabismic children versus non strabismic age-matched children / Lions C., Bui-Quoc E., Bucci M. P. [et al.] // *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. – 2013. – Т. 251. – С. 2219–2225.
10. Lidbeck C. M. Postural orientation during standing in children with bilateral cerebral palsy / Lidbeck C. M., Gutierrez-Farewik E. M., Broström E. W. [et al.] // *Pediatric physical therapy*. – 2014. – Т. 26, №. 2. – С. 223–229.
11. Shanbhag J. Methods for integrating postural control into biomechanical human simulations: a systematic review. / Shanbhag J., Wolf A., Wechsler I. [et al.] // *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. – 2023. – Т. 20, №. 1. – С. 111.
12. Лунина Н. В. Тренировка постурального баланса в коррекции опоры и ходьбы у детей с двигательными нарушениями / Лунина Н. В., Скорюкова К. С. // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2023. – Т. 2, №. 1 (5). – С. 31–35.
13. Pavão S. L. Assessment of postural control in children with cerebral palsy: a review. / Pavão S. L., dos Santos A. N., Woollacott M. H. [et al.] // *Research in developmental disabilities*. – 2013. – Т. 34, №. 5. – С. 1367–1375.

**DYNAMICS OF STABILOMETRIC INDICATORS IN PATIENTS WITH  
CEREBRAL PALSY, SPASTIC DIPLEGIA UNDER THE INFLUENCE OF  
EXERCISES ON A STABILOMETRIC PLATFORM, THE ROBOTIC COMPLEX  
"EXOHAND-2" IN COMBINATION WITH SANATORIUM TREATMENT**

*Vlasenko S. V.<sup>1</sup>, Pavlenko V. B.<sup>3</sup>, Orekhova L. S.<sup>2</sup>, Biryukova E. A.<sup>2</sup>, Osmanov E. A.<sup>1</sup>,  
Vlasenko F. S.<sup>2</sup>, Babanov N. D.<sup>2,4</sup>*

<sup>1</sup>*Medical Rehabilitation, Sports Medicine and Adaptive Physical Culture, Evpatoriya, Crimea, Russia*

<sup>2</sup>*Scientific and Clinical Center "Health and Rehabilitation Technologies", Simferopol, Crimea, Russia*

<sup>3</sup>*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of the Crimea, Russia*

<sup>4</sup>*Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies,  
Moscow, Russia*

*E-mail: fedor.vlasenko2019@mail.ru*

The purpose of this study was to study the dynamics of stabilometric indicators in patients with cerebral palsy, spastic diplegia under the influence of sanatorium-resort treatment using a stabilometric platform, and exercises on the robotic complex "Exohand-2".

We observed 78 children with cerebral palsy, a form of spastic diplegia. The main group (MG) consisted of children (28 children), who were assigned to exercise on the stabiloplatform; the comparison group (28 children) consisted of patients who completed a course of exercises on the robotic complex "Exohand-2" during their stay at the sanatorium. The control group (CG) consisted of 22 patients who received a course of sanatorium-resort treatment. All patients before and after the rehabilitation course were tested according to the Tinetti scale of motor activity and stability. Instrumental diagnostics were carried out using a stabilometric complex.

Statistically significant results on the Romberg index were recorded in the OG 108.24±6.42 % and GS 136.56±12.34 % ( $p < 0.05$ ), which could be interpreted as an increasing role of visual control in maintaining balance. An improvement was also achieved in the MG and GS in terms of stability and balance ( $p < 0.05$ ), with slight positive dynamics on the gait subscale in all groups. In the OG group, positive dynamics were achieved in the form of an increase in the Stab indicator and a decrease in the deviation of GCP along the X and Y axes ( $p < 0.05$ ).

Activation of visual control over the balance function occurred after training on the robotic complex "Exohand-2" in the GS, which allows the complex to be used in case of a deficiency of this type of sensory control over postural stability. If oculomotor, plantar control, or muscle exteroception are impaired, it is necessary to use exercises on the stabiloplatform. Sanatorium-resort treatment, improving the trophic properties of muscles, creates a favorable background on which it is possible to intensify the development of postural stability of a patient with cerebral palsy.

**Keywords:** cerebral palsy, stabilometry, robotic therapy, rehabilitation.

*The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. № 22-15-20035, <https://rscf.ru/project/22-15-20035/>.*



## References

1. Barbaeva S. N., Kulishova T. V. The effectiveness of correction of posture disorders in patients with cerebral palsy, *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*, **93**, **2**, 17 (2016). (In Russ.).
2. Frolov A. A., Bobrov P. D. Brain-computer interface: neurophysiological prerequisites and clinical application, *Journal of higher nervous activity— Journal of Higher Nervous Activity*, **67**, **4**, 365 (2017).
3. Stavsky M., Mor O., Mastrolia S. A. et al. Cerebral palsy—trends in epidemiology and recent development in prenatal mechanisms of disease, treatment, and prevention, *Frontiers in pediatrics*, **5**, 21 (2017).
4. Andreev D. A., Karmazin V. V., Parastaev S. A. Integral characterization of the effectiveness of postural control as a conceptual platform for optimizing rehabilitation and rehabilitation programs in sports, *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta - Herald. Russian. state medical. University*, **6**, **5** (2017). (In Russ.).
5. Gorelikov A. E., Mel'nikova E. A., Raseulova M. A. [et al.] Current Aspects of Stabilometry and Stability Training in the Treatment of Postural Disorders, *Doktor.Ru*, **11** (**140**), 51 (2017) (In Russ.).
6. Skvortsov D. V. *The stabilometric study* [Stabilometry], 176 (Moscow: Maska, 2010) (In Russ.).
7. Kozhina G. V., Levik Yu. S., Popov A. K. [et al.] Influence of passive tactile contact of the hand on maintaining the vertical posture of a person, *Human Physiol.- Human physiology*, **43**, **4**, 70 (2017) (In Russ.).
8. Barber L., Hastings-Ison T., Baker R. [et al.] Medial gastrocnemius muscle volume and fascicle length in children aged 2 to 5 years with cerebral palsy, *Developmental medicine & child neurology*, **53**, **6**, 543 (2011).
9. Lions C., Bui-Quoc E., Bucci M. P. [et al.] Postural control in strabismic children versus non strabismic age-matched children, *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, **251**, 2219 (2013).
10. Lidbeck C. M., Gutierrez-Farewik E. M., Broström E. W. [et al.] Postural orientation during standing in children with bilateral cerebral palsy, *Pediatric physical therapy*, **26**, **2**, 223 (2014).
11. Shanbhag J., Wolf A., Wechsler I. [et al.] Methods for integrating postural control into biomechanical human simulations: a systematic review, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **20**, **1**, 111. (2023).
12. Lunina N. V., Skoryukova K. S. Postural balance training in the support and walk correction in children with motor disorders, *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, **2**, **1** (**5**), 31 (2023) (In Russ.).
13. Pavão S. L., dos Santos A. N., Woollacott M. H. [et al.] Assessment of postural control in children with cerebral palsy: a review, *Research in developmental disabilities*, **34**, **5**, 1367 (2013).

**УДК 579.63**

## **ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА САКСКОЙ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В САНАТОРИЯХ ТАТАРСТАНА**

*Гафарова Л. Ф.<sup>1,2</sup>, Колпаков А. И.<sup>1</sup>, Ильинская О. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Россия*

<sup>2</sup>*ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан», Казань, Россия*

*E-mail: gafarova.lf@rambler.ru*

Эффективность сакских лечебных грязей признана не только в России, но и за ее пределами. Несмотря на наличие значительного количества местных месторождений грязей, в санаториях Республики Татарстан, также широко применяются сакские иловые сульфидные грязи благодаря их оздоравливающему действию на организм человека. Проведен санитарно-бактериологический анализ образцов сакской лечебной грязи, применяемой в санаториях Республики Татарстан, выделены культивируемые формы микроорганизмов. Проведена таксономическая идентификация выделенных штаммов микроорганизмов с применением метода времяпролетной масс-спектрометрии с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией. Описанный состав доминирующих групп бактерий и данные литературы по продукции ими полезных для здоровья факторов подтверждает вклад микроорганизмов в лечебные свойства сакских грязей.

**Ключевые слова:** лечебные грязи, пелоиды, сульфитно-иловые грязи, бактериальное сообщество, санитарно-бактериологический анализ.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Комплекс оздоровительных мероприятий, осуществляемых с целью восстановления нормального самочувствия и работоспособности человека, включает грязелечение (пелоидотерапию), которое считается одним из эффективных способов рекреации. Хотя грязелечение относят к альтернативным методам медицины в связи с отсутствием достаточных доказательств клинической эффективности, оздоровительное действие грязей Сакского озера описано еще в начале XIX века, и Сакские пелоиды и отнесены к категории лечебных [1].

В санаториях Республики Татарстан наряду с местными лечебными грязями широко применяются иловые сульфитные грязи приморского типа, поступающие из Республики Крым.

Иловые сульфидные грязи представляют собой донные отложения преимущественно соленых водоемов, бедные органическими веществами и обогащенные FeS и водорастворимыми солями. Для них характерна высокая минерализация грязевого раствора. По своим тепловым свойствам они существенно уступают торфяным и сапропелевым грязям, но по содержанию сульфидов железа и водорастворимых солей значительно их превосходят. Из-за высокого содержания FeS имеют темно-серый цвет. Данный вид грязи имеет характерный сероводородный запах, мягкую консистенцию и хорошо апплицируются на

поверхности тела. Содержание в ней воды варьируется от 30 % до 70 %. Соленость грязи определяется климатическими и почвенными зонами и может колебаться в различные сезоны года. Сульфидно-иловые грязи формируются при обязательном присутствии в водах, питающих месторождения, сульфатов, которые в результате деятельности сульфатредуцирующих бактерий восстанавливаются до сульфидов и при наличии в них железа образуют характерный для этих грязей черный минерал гидротроилит ( $\text{FeS} \times n\text{H}_2\text{O}$ ) [2, 3].

Сакское месторождение лечебных грязей (пелоидов) является главной гидроминеральной лечебно-сырьевой базой курортно-оздоровительных учреждений Крыма [4]. Их формирование происходит в озерной котловине, сформированной около 5.6–5.2 тыс. лет назад за счет отделения песчано-галечной пересыпью небольшого лимана от Каламитского залива Черного моря [5], и в настоящее время представляет собой систему бассейнов с регулируемым водоснабжением.

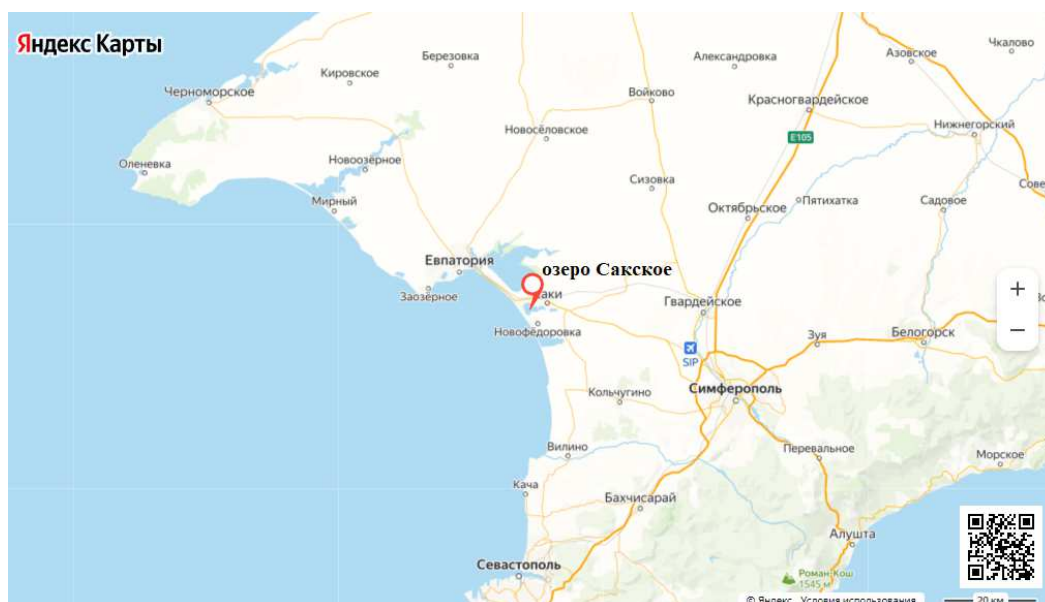


Рис.1. Местоположение озера Сакское [6].

Сакское месторождение лечебных грязей и рапы (солевой раствор высокой степени минерализации, 220 г/л) относится к лагунному, прибрежно-морскому типу, образовавшемуся в результате серии морских трансгрессий с затоплением устьевой части палеоречной долины и «отшнуровыванием» морской лагуны песчано-галечной пересыпью с последующим формированием донных озерных осадков в условиях сезонно изменяющейся солености. Грязевая залежь представлена двумя разновидностями: черными и темно-серыми иловыми отложениями мощностью слоя от 0,35 до 1,1 м. При этом, сакские грязи – это гетерогенная физико-химическая система, состоящая из жидкой и двух твердых фаз (кальциево-магниевый кристаллический скелет и глинистый остов) [7].

Минеральный состав грязи Сакского месторождения характеризуется наличием гипса, галита, кальцита, арагонита и бассанита [8]. Жидкая фаза представлена грязевым (поровым) раствором, содержащим растворимые соли (хлориды, магниевые-натриевые) и органические вещества [7].

Пелоиды Сакского месторождения соответствуют высокоминерализованным, соленасыщенным, сильно- и средне - сильносульфидным, хлоридным, магниевым-натриевым иловым грязям [9]. Балансовые запасы иловой лечебной грязи (категорий В, С1 и С2) составляют 3 749 828 м<sup>3</sup> [7]. Организованное начало лечения грязями Сакского озера датируется 1827 годом. В 1880 году в Сакском районе, стараниями местного земства, был открыт курорт [10].

Иловые сульфидные грязи Сакского месторождения оказывают сложное физиологическое и терапевтическое действие на организм человека. Считают, что содержащиеся в грязи активные химические и биологические компоненты проникают в тело через неповрежденную кожу и, оказывая влияние на функции различных органов, вызывают общую реакцию организма, приводящую к оздоровлению. Вследствие сбалансированного минерального и органического состава сакская грязь обладает противовоспалительным, десенсибилизирующим, противомикробным, рассасывающим, трофическим и регенерирующим действием [8]. Отмечен также антиаллергический эффект, активация энергообменных процессов, в частности, окисления жиров [11]. Грязь бактерицидна по отношению к стрептококкам, стафилококкам, синегнойным палочкам, а также подавляет развитие простейших (трихомонад) и грибов [7].

Целью данного исследования было определение бактериологического разнообразия сакской сульфитной иловой грязи, поступающей в санатории Татарстана.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Санитарно-бактериологический анализ лечебных грязей поступающих из Республики Крым, проводился в рамках программы производственного контроля санаториев, применяющих данную грязь. Исследования проводились на базе лаборатории бактериологических исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» в соответствии с областью аккредитации по «Методическим указаниям по санитарно-микробиологическому анализу лечебных грязей» (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 11 сентября 1989 г. №143-9/316-17).

Образцы сакских грязей поступали из двух санаториев: ЛПЧУ профсоюзов санаторий «Васильевский» (Зеленодольский район) и ЛПУ профсоюзов санаторий «Ливадия» (г. Казань).

Пробы грязей каждого учреждения отбирали более 20 раз в течение 2019–2022 гг. и высевали на серию питательных сред методом последовательных разведений 1 г пелоидов.

Санитарно-бактериологические исследования проводились методами классического бактериологического анализа, с применением следующих питательных сред производства Федерального бюджетного учреждения науки

государственного научного центра прикладной микробиологии и биотехнологии (ФБУН ГНЦ ПМБ): лактозопептонная среда Эйкмана для первичной идентификации энтеробактерий; мясопептонный агар, неселективная среда для культивирования широкого спектра микроорганизмов; среда Эндо для выделения и дифференциации грамотрицательных микроорганизмов кишечной группы; среда Сабуро для культивирования грибов медицинского значения; желточно-солевой агар для выявления солеустойчивых микроорганизмов, в том числе коагулазоположительных стафилококков; цетримидный агар для выявления синегнойной палочки.

Видовую идентификацию выделенных культур микроорганизмов проводили методом времяпролетной масс-спектрометрии с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией MALDI-TOF MS – на приборе VITEK MS, производства БиоМерье (bioMérieux), Франция. При данной технологии осуществляется сравнение белкового спектра исследуемого штамма с базовой коллекцией спектров референсных микроорганизмов известных видов. На основании степени соответствия спектров определяется принадлежность исследуемого микроорганизма к определенному виду (роду) [12].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с «Методическими указаниями по санитарно-микробиологическому анализу лечебных грязей» (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 11 сентября 1989 г. №143-9/316-17): в 1 г образца грязи общее число микроорганизмов не должно превышать  $5 \cdot 10^5$  кл/г; титр ЛКП (лактозоположительные кишечные палочки или колиформные бактерии, которые входят в семейство *Enterobacteriaceae*, к ним относятся грамотрицательные, не образующие спор палочки, ферментирующие лактозу до кислоты и газа при 37 °С в течение 21 часа, с отрицательным оксидазным тестом) не должен превышать 10; титр клостридий – 0,1 (устанавливают по максимальному разведению, в котором обнаружены клостридии); Патогенные стафилококки, энтерококки и штаммы *Pseudomonas aeruginosa* в 1 г должны отсутствовать.

Все исследованные образцы лечебной грязи соответствовали требованиям гигиенических нормативов.

Результаты таксономической идентификации микроорганизмов, выявленных в ходе санитарно-бактериологического анализа, представлены в Таблице.

Как видно из Таблицы и Рис. 2. первое ранговое место по частоте определения принадлежит *Rhodococcus erythropolis* (45 %), второе *Bacillus firmus* (26 %), третье *Pseudomonas stutzeri* (14 %). На других рекомендованных средах, указанных в разделе «Материалы и методы (Среда Эйкмана и среда Сабуро)» рост микроорганизмов зафиксирован не был.

Эффективность сульфидной иловой грязи Сакского озера для лечения органов кровообращения, дыхания, эндокринной и нервной систем, а также ЖКТ, подтверждается рядом научных исследований [13, 14]. Вместе с тем отмечается недостаточная изученность бактериального сообщества не только грязей Сакского месторождения, но и в целом всех грязей, применяемых для пелоидотерапии.

Таблица  
**Бактериологическое разнообразие культивируемых микроорганизмов, выделенных из сакской лечебной грязи, применяемой в санаториях Татарстана**

Σ колоний микроорганизмов, выросших из 20 образцов пелоидов (×10 <sup>4</sup> /г пелоида)					
МПА		ЭНДО		ЖСА	
<i>Rhodococcus erythropolis</i>	150±1			<i>Bacillus firmus</i>	65±5
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	0	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	47±4		
<i>Bacillus firmus</i>	14±2	<i>Enterobacter cloacae</i>	3±1		
<i>Micrococcus luteus</i>	10±2	<i>Enterobacter asburiae</i>	3±1		
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10±2				
<i>Enterobacter hormaechei</i>	5±1				
<i>Staphylococcus hominis</i>	4±1				
<i>Kocuria rosea</i>	3±1				
<i>Exiguobacterium acetylicum</i>	3±1				
<i>Nocardia africana/nova</i>	2±1				
<i>Paracoccus yeei</i>	2±1				
	1±1				

Терапевтическое значение пелоидов обусловлено не только оригинальным составом твердой и жидкой фаз, но и текстурными, физико-химическими и биологическими изменениями, происходящими во время созревания. Созревание – очень сложный процесс, в который вносят вклад не только неорганические изменения в твердо-жидкой смеси, но и органические изменения, вызванные ростом и развитием живых организмов [15]. Считается, что в каждом термальном курорте к природной минеральной воде приурочена специфическая микробиота [16]. Так, грязь из термальных ванн колонизируется цианобактериальными матами, которые производят биологически активные вещества, в значительной степени способствующие оздоровительному действию пелоидов [17]. В научной литературе отмечается не только общность микробного состава ряда пелоидов, но и некоторые особенности каждого месторождения. Хотя протеобактерии, актиномицеты и фирмикуты являются обычными обитателями всех типов пелоидов, серо- и железовосстанавливающие бактерии, такие как *Deferribacterales*, обнаруженные, например, в бассейне реки Чамлиала (Индия), приводят к накоплению минералов в пелоидах, что положительно сказывается на применении этих грязей для восстановления поврежденной кожи [18]. В Сакских пелоидах доминировал штамм *Rhodococcus erythropolis*, который обладает

мощным деструктивным потенциалом, включающим окисление, дегидрирование, эпексидирование, гидролиз, гидроксилирование, дегалогенирование и десульфирование различных соединений [19]. Более того, эта актинобактерия способна разлагать смеси микотоксинов [20], и, в частности, канцерогенный афлатоксин [21]. Это свойство зафиксировано также для *Pseudomonas stutzeri* [22]. В условиях освещенности *R.erythropolis* увеличивает синтез каротиноидов [23]. Высокая активность ферментов биodeградации известна для представителей родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, но необходимо особо отметить, что вид *B. firmus*, содержание которого в исследованных пелоидах достигало 26 % (Рис. 2), проявляет еще и системную нематотоксическую активность в отношении *Meloidogyne incognita*, включая летальную активность, ингибирование вылупления и подвижности яиц [24]. Описан эффект метаболитов морского изолята *B. firmus*, которые ингибируют рост и вызывают апоптоз клеток рака головы и шеи, но не проявляют эмбио- и нейротоксичность в модели *in vivo* на рыбках данио [25]. Таким образом, состав доминирующих групп бактерий и данные литературы по продукции ими полезных для здоровья факторов подтверждает вклад микроорганизмов в лечебные свойства сакских грязей.

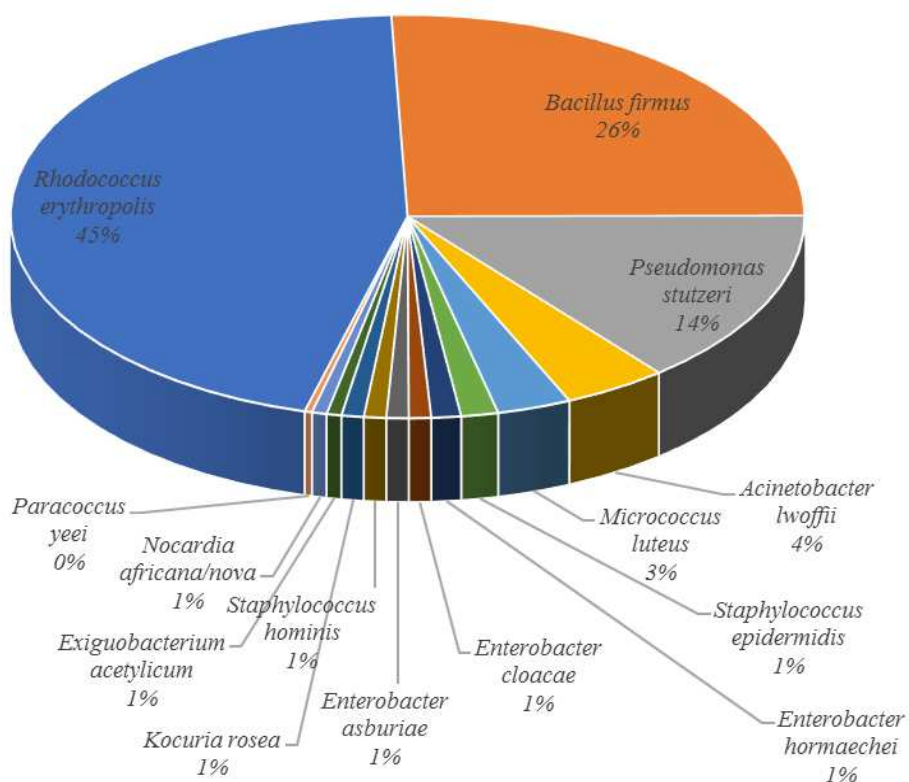


Рис. 2. Частота определения различных таксономических групп бактерий, выделенных из сакской лечебной грязи, применяемой в санаториях Татарстана.

Хотя оздоравливающие свойства лечебных грязей общепризнаны, механизм биологической активности пелоидов до сих пор является дискуссионным вопросом. Большинство исследователей сходятся во мнении, что безусловно значимыми свойствами пелоидов являются метаболическая и ферментативная активности микроорганизмов [26], обуславливающие, наряду с физико-химическим составом, терапевтические эффекты пелоидов. Иловые сульфидные грязи Сакского озера имеют федеральное значение. Современный уровень развития технологии позволяет транспортировать их из Крыма на значительные расстояния, в том числе в санатории Татарстана, которые, несмотря на обеспеченность местными пелоидами, применяют в своей практике высокоэффективные сакские грязи. Оправданность транспортировки и удаленного использования сакских грязей основывается на их высокой степени изученности, доказанной терапевтической эффективности и высоком качестве, что подтверждается результатами проведенного бактериологического анализа.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Сакские лечебные грязи, применяемые в санаториях Республики Татарстан «Васильевский» и «Ливадия», являются одними из самых хорошо изученных в отечественной литературе. Отмечается их доказанная эффективность в отношении широкого круга заболеваний. Проведенный в настоящей работе санитарно-бактериологический анализ подтверждает гигиеническую безопасность пелоидотерапии сакскими грязями. Характеристика бактериального сообщества сакской лечебной грязи, применяемой в санаториях Татарстана, в перспективе может быть использована для подробного изучения механизмов действия пелоидов и объяснения их терапевтических свойств.

### **Список литературы**

1. Иванова В. В. Каталог грязевых месторождений СССР: приложение к карте лечебных грязей СССР масштаба 1:8.000.000 / В. В. Иванова. – Изд-во Центрального НИИ курортологии и физиотерапии, 1970 – 131 с.
2. Ялтанец И. М. / Научно-практическое использование сапропелевых илов и торфяных грязей в комплексном санаторно-курортном лечении / И. М. Ялтанец, С. М. Шгин, А. С. Поштарь, С. И. Кимарская // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 12. – С. 28–39.
3. Федотченко А. А. Грязелечение (пелоидотерапия) / А. А. Федотченко // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – № 6. – С. 273–276.
4. Гордиенко С. Г. Минеральный состав пелоидов Сакского озера (Крым) / С. Г. Гордиенко // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: материалы 26-й научной конференции, Сыктывкар, 28–30 ноября 2017 года / Институт геологии Коми научного центра УрО РАН. – Сыктывкар: Геопринт, 2017. – С. 50–54.
5. Шостакович В. Б. Иловые отложения Сакского озера как летописи климата / В. Б. Шостакович // Саки-Курорт. Вып. 1. – Симферополь, 1935. – С. 255–272.
6. Яндекс карты, озеро Сакское: [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [https://yandex.ru/maps/977/republic-of-crimea/geo/ozero\\_sakskoye/1445658134/?ll=33.720710%2C45.101816&z=11.24,10.12.2023](https://yandex.ru/maps/977/republic-of-crimea/geo/ozero_sakskoye/1445658134/?ll=33.720710%2C45.101816&z=11.24,10.12.2023).
7. Хохлов В. А. Природные лечебные ресурсы Сакского озера / В. А. Хохлов // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 84–87.



8. Максимов Г. С. Минеральный состав грязи Сакского месторождения / Г. С. Максимов, И. А. Наухацкий, Е. М. Максимова [и др.] // *Минералы: строение, свойства, методы исследования*. – 2021. – № 12. – С. 91–92.
9. Попов Ю. В. Новые данные о строении и составе толщи пелоидов Восточного бассейна сакского озера (Крым) / Ю. В. Попов, О. А. Гулов, В. А. Васенко // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. – 2015. – № 18. – С. 211–217.
10. Сакский район, Республика Крым (историческая справка) [Электронный ресурс] // Правительство республики Крым: Сакский район: официальный сайт. – Режим доступа: [https://sakimo.rk.gov.ru/uploads/txteditor/sakimo/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php7f1Fbd\\_1.pdf](https://sakimo.rk.gov.ru/uploads/txteditor/sakimo/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php7f1Fbd_1.pdf), 23.10.2022
11. Волченко В. А. О сохранении бальнеологических ресурсов и перспективах развития города-курорта саки / В. А. Волченко, В. С. Тарасенко, В. И. Васенко // *Человек-Природа-Общество: Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии*. – 2019. – № 5(12). – С. 95–100.
12. Афанасьев М. В. MALDI-ToF масс-спектрометрический анализ для идентификации возбудителей чумы, холеры и туляремии / М. В. Афанасьев, Л. В. Миронова, С. В. Балахонов // *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. – 2015. – № 2. – С. 3–8.
13. Поберская В. А. Основные направления использования пелоидотерапии в Крыму / В. А. Поберская, Н. А. Лян // *Вестник восстановительной медицины*. – 2016. – № 6(76). – С. 46–49.
14. Грязелечение [Электронный ресурс] // Санаторий Ливадия-Татарстан: официальный сайт. – Режим доступа: <https://www.livadiakazan.ru/uslugi/gryazelechenie/>, 23.10.2022.
15. Gomes C. Peloids and pelotherapy: Historical evolution, classification and glossary / C. Gomes, M. Is. Carretero, M. Pozo, F. Maraver, P. Cantista, F. Armijo, J. L. Legido, F. Teixeira, M. Rautureau, R. Delgado // *Applied Clay Science*. – 2013. – Vol 75–76. – P. 28–38.
16. Mourelle M. L. Microalgal Peloids for Cosmetic and Wellness Uses / M. L. Mourelle, C. P. Gómez, J. L. Legido // *Mar Drugs*. – 2021 – Vol. 26, № 19 (12) – P. 666.
17. Halary S. B. Metagenome-based Exploration of Bacterial Communities Associated with Cyanobacteria Strains Isolated from Thermal Muds / S. Halary, S. Duperron, J. Demay, C. Duval, S. Hamlaoui, B. Piquet, A. Reinhardt, C. Bernard, B. Marie // *Preprints*. – 2022. – 2022090219.
18. Sharma S. Phylogenetic diversity and metabolic potential of microbiome of natural healing clay from Chamliyal (J&K) / S. Sharma, S. Grewal, J. Vakhlu // *Arch Microbiol* – 2018 – 200 – P. 1333–1343.
19. de Carvalho C.C, The remarkable Rhodococcus erythropolis / C.C. de Carvalho, M.M. da Fonseca // *Appl Microbiol Biotechnol*. – 2005 – Vol. 67, №6 – P 715–726.
20. Garai E. Evaluation of the Multimycotoxin-Degrading Efficiency of Rhodococcus erythropolis NI1 Strain with the Three-Step Zebrafish Microinjection Method / E. Garai, A. Risa, E. Varga, M. Cserháti, B. Kriszt, B. Urbányi, Z. Csenki // *Int J Mol Sci*. – 2021 – Vol. 13, №22 – P. 724.
21. Eshelli M. Metabolomics of the bio-degradation process of aflatoxin B1 by actinomycetes at an initial pH of 6.0 / M. Eshelli, L. Harvey, R. Edrada-Ebel, B. McNeil // *Toxins (Basel)*. – 2015. – Vol. 7, №272 – P. 439–456.
22. Gong A. D. The Inhibitory Effect of Pseudomonas stutzeri YM6 on Aspergillus flavus Growth and Aflatoxins Production by the Production of Volatile Dimethyl Trisulfide. / A. D. Gong, Y. Y. Lei, W. J. He, Y. C. Liao, L. Ma, T. T. Zhang, J. B. Zhang // *Toxins (Basel)*. – 2022 – Vol. 14, №11 – P. 788.
23. Engelhart-Straub S. Effects of Light on Growth and Metabolism of Rhodococcus erythropolis / S. Engelhart-Straub, P. Cavalius, F. Hölzl, M. Haack, D. Awad, T. Brueck, N. Mehlmer // *Microorganisms*. – 2022. – Vol. 10, №8. – P. 1680.
24. Xiong J. Systemic nematicidal activity and biocontrol efficacy of Bacillus firmus against the root-knot nematode Meloidogyne incognita / J. Xiong, Q. Zhou, H. Luo, L. Xia, L. Li, M. Sun, Z. Yu // *World J Microbiol Biotechnol*. – 2015 – Vol. 31, №4. – P 661–667.
25. Lim Y. C. Growth Inhibition and Apoptosis with H31 Metabolites from Marine Bacillus SW31 in Head and Neck Cancer Cells / Y. C. Lim, K. W. Cho, H. C. Kwon, S. U. Kang, J. H. Pyun, M. H. Lee, H. S. Hwang, J. H. Kim, H. N. Lee, E. C. Choi, C. H. Kim // *Clin Exp Otorhinolaryngol*. – 2010 – Vol. 3, №4 – P. 217–225.
26. Maraver F. Peloids as Therapeutic Agents / F. Maraver, F. Armijo, M. A. Fernandez-Toran, O. Armijo, J. M. Ejeda, I. Vazquez, I. Corvillo, S. Torres-Piles // *Int J Environ Res Public Health*. – 2021. – Vol. 18, №4 – P. 1965.

## CHARACTERISTICS OF THE BACTERIAL COMMUNITY OF SAKY HEALING MUD USED IN SANATORIUMS OF TATARSTAN

Gafarova L. F.<sup>1,2</sup>, Kolpakov A. I.<sup>1</sup>, Ilinskaya O. N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Center of Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

E-mail: gafarova.lf@rambler.ru

The effectiveness of Saki medicinal mud is recognized not only in Russia, but also abroad. In the sanatoriums of the Republic of Tatarstan, despite the presence of a significant amount of local mud deposits, Saki silt sulfide mud is also widely used, due to its healing effect on the human body.

A sanitary-bacteriological analysis of samples of Saki medicinal mud coming from two sanatoriums of the Republic of Tatarstan was carried out. The study was carried out in accordance with the “Methodological guidelines for sanitary and microbiological analysis of medicinal mud” (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the USSR on September 11, 1989, No. 143-9/316-17). A total of 20 peloid samples were analyzed between 2019 and 2022. About 15 species of culturable forms of bacteria have been isolated on various nutrient media. Taxonomic identification of the isolated strains of microorganisms was carried out using the method of time-of-flight mass spectrometry with matrix-assisted laser desorption/ionization. The dominant species were *Rhodococcus erythropolis* (with a community share of 45 %), *Bacillus firmus* (23 %), *Pseudomonas stutzeri* (14 %); the remaining species in the community of cultivated microorganisms accounted for less than 3 %. Taking into account the powerful destructive potential of representatives of the genera *Rhodococcus*, *Bacillus* and *Pseudomonas*, as well as the inhibitory effects of *B. firmus* metabolites against the proliferation of nematodes and the proliferation of head and neck cancer cells, we can conclude that the composition of the dominant groups of bacteria and literature data on their production of health-promoting factors confirm the contribution of microorganisms to the healing properties of Saki mud.

**Keywords:** therapeutic mud, peloids, sulfite-silt mud, bacterial community, sanitary-bacteriological analysis.

### References

1. Ivanov V. V. Catalog of mud deposits of USSR: application to the map of therapeutic mud of the USSR, scale 1:8,000,000, *Publishing house of the Central Research Institute of Balneology and Physiotherapy*, 131 (1970).
2. Yaltanets I. M., Shtin S. M., Poshtar A. S., Kimarskaya S. I. Scientific and practical use of sapropel silts and peat mud in complex sanatorium and resort treatment, *Mining information and analytical bulletin*, **12**, 28 (2004).
3. Fedotchenko A. A. Mud therapy (peloidotherapy), *Siberian Medical Journal*, **6**, 273 (2010).
4. Gordienko S. G. Mineral composition of peloids of Lake Saki (Crimea). Structure, substance, history of the lithosphere of the Timan-Northern Urals segment: materials of the 26th scientific conference, Syktyvkar, November 28–30, 2017, *Institute of Geology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – Syktyvkar: Geoprint*, 50 (2017).
5. Shostakovich V. B. Silt deposits of Lake Saki as a chronicle of climate, *Saki-Resort*, **1**, 255 (1935).

6. Yandex maps, Lake Saki, accessed 10 December 2023, < [https://yandex.ru/maps/977/republic-of-crimea/geo/ozero\\_sakskoye/1445658134/?ll=33.720710%2C45.101816&z=11.24](https://yandex.ru/maps/977/republic-of-crimea/geo/ozero_sakskoye/1445658134/?ll=33.720710%2C45.101816&z=11.24)>.
7. Khokhlov V. A. Natural healing resources of Lake Saki, *Bulletin of physiotherapy and balneology*, **23** (3), 84 (2017).
8. Maksimov G. S., Naukhatsky I. A., Maksimova E. M. [etс.] Mineral composition of mud from the Saki deposit, *Minerals: structure, properties, research methods*, **12**, 91 (2021).
9. Popov Yu. V., Gulov O. A., Vasenko V. A. New data on the structure and composition of the peloids of the Eastern basin of Lake Saki (Crimea), *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky*, **18**, 211 (2015).
10. Saki district, Republic of Crimea (historical information), accessed 23 October 2022, <[https://sakimo.rk.gov.ru/uploads/txteditor/sakimo/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php7f1Fbd\\_1.pdf](https://sakimo.rk.gov.ru/uploads/txteditor/sakimo/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php7f1Fbd_1.pdf)>.
11. Volchenko V. A., Tarasenko V. S., Vasenko V. I. On the conservation of balneological resources and prospects for the development of the resort city of Saki, *Man-Nature-Society: Theory and practice of life safety, ecology and valeology*, **5** (12), 95 (2019).
12. Afanasyev M. V., Mironova L. V., Balakhonov S. V. MALDI-ToF mass spectrometric analysis for identifying pathogens of plague, cholera and tularemia, *Molecular genetics, microbiology and virology*, **2**, 3 (2015).
13. Poberskaya V. A., Lyan N. A., Main directions of use of peloid therapy in Crimea, *Bulletin of Restorative Medicine*, **6** (76), 46 (2016).
14. Mud therapy Sanatorium Livadia-Tatarstan: official website, accessed 23 October 2022, < <https://www.livadiakazan.ru/uslugi/gryazelechenie>>
15. Gomes C., Carretero M. Is., Pozo M., Maraver F., Cantista P., Armijo F., Legido J. L., Teixeira F., Rautureau M., Delgado R. Peloids and pelotherapy: Historical evolution, classification and glossary, *Applied Clay Science*, **75–76**, 28 (2013).
16. Mourelle M. L., Gómez C. P., Legido J. L. Microalgal Peloids for Cosmetic and Wellness Uses, *Mar Drugs*, **19** (12), 666 (2021).
17. Halary S. B., Duperron S., Demay J., Duval C., Hamlaoui S., Piquet B., Reinhardt A., Bernard C., Marie B. Metagenome-based Exploration of Bacterial Communities Associated with Cyanobacteria Strains Isolated from Thermal Muds, *Preprints*, 2022090219 (2022).
18. Sharma, S., Grewal S., Vakhlu J. Phylogenetic diversity and metabolic potential of microbiome of natural healing clay from Chamliyal (J&K), *Arch Microbiol*, **200**, 1333 (2018).
19. de Carvalho C. C, da Fonseca M. M. The remarkable *Rhodococcus erythropolis*, *Appl Microbiol Biotechnol*, **67** (6), 715 (2005).
20. Garai E., Risa A., Varga E., Cserháti M., Kriszt B., Urbányi B., Csenki Z. Evaluation of the Multimycotoxin-Degrading Efficiency of *Rhodococcus erythropolis* NI1 Strain with the Three-Step Zebrafish Microinjection Method, *Int J Mol Sci*, **13** (22), 724 (2021).
21. Eshell M., Harvey L., Edrada-Ebel R., McNeil B. Metabolomics of the bio-degradation process of aflatoxin B1 by actinomycetes at an initial pH of 6.0, *Toxins (Basel)*, **7** (272), 439 (2015).
22. Gong A. D., Lei Y. Y., He W. J., Liao Y. C., Ma L., Zhang T. T., Zhang J. B. The Inhibitory Effect of *Pseudomonas stutzeri* YM6 on *Aspergillus flavus* Growth and Aflatoxins Production by the Production of Volatile Dimethyl Trisulfide, *Toxins (Basel)*, **14** (11), 788 (2022).
23. Engelhart-Straub S., Cavalius P., Hölzl F., Haack M., Awad D., Brueck T., Mehlmer N. Effects of Light on Growth and Metabolism of *Rhodococcus erythropolis*, *Microorganisms*, **10** (8), 1680 (2022).
24. Xiong J., Zhou, Q., Luo H., Xia L., Li L., Sun M., Yu Z. Systemic nematicidal activity and biocontrol efficacy of *Bacillus firmus* against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, *World J Microbiol Biotechnol*, **31** (4), 661 (2015).
25. Lim Y. C., Cho K. W., Kwon H. C., Kang S. U., Pyun J. H., Lee M. H., Hwang H. S., Kim J. H., Lee H. N., Choi E. C., Kim C. H. Growth Inhibition and Apoptosis with H31 Metabolites from Marine *Bacillus* SW31 in Head and Neck Cancer Cells, *Clin Exp Otorhinolaryngol*, **3** (4), 217 (2010).
26. Maraver F., Armijo F., Fernandez-Toran M.A., Armijo O., Ejeda J. M., Vazquez I., Corvillo I., Torres-Piles S. Peloids as Thermoherapeutic Agents, *Int J Environ Res Public Health*, **18** (4), 1965 (2021).

УДК 615.322: 615.276

## АНАЛЬГЕТИЧЕСКИЙ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТЫ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ *MYRTUS COMMUNIS* L.

Джелдубаева Э. Р.<sup>1</sup>, Ярмолюк Н. С.<sup>1</sup>, Чужан Е. Н.<sup>1</sup>, Шевчук О. М.<sup>2</sup>, Бакова Н. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»,  
Симферополь, Республика Крым, Россия

<sup>2</sup>ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –  
Национальный научный центр РАН», Ялта, Республика Крым, Россия  
E-mail: delviza@mail.ru

Целью исследования явился целенаправленный поиск анальгетического и противовоспалительного потенциала вторичных метаболитов *Myrtus communis* L., содержащихся в образцах, преобладающими компонентами которых являются фенольные кислоты (галловая и эллаговая; 39.6 мг/л; образец I), флавоноиды (187 мг/л; образец II) и гидролат эфирного масла мирта (0.025 %; образец III). Исследования проводили на 40 половозрелых крысах-самцах линии *Wistar* массой 180–200 г., которым вводили тестируемые образцы по 2.5 мл/кг интрагастрально, ежедневно в течение 21 дня, регистрировали показатели болевой чувствительности в тестах «отдергивания хвоста» и «горячая пластина», прирост отека в «формалиновом тесте» с помощью метода водной плетизмометрии. Выявлены уменьшение болевой чувствительности и воспалительной реакции у животных после введения образцов мирта с максимальным содержанием флавоноидов (образец II) и фенольных кислот (образец I). Полученные результаты значительно расширяют представление о спектре биологической эффективности вторичных метаболитов мирта и обосновывают перспективность дальнейших исследований, создания и внедрения новых биологически активных препаратов на их основе.

**Ключевые слова:** анальгетический и противовоспалительный эффекты, вторичные метаболиты *Myrtus communis* L., фармацевтически активные компоненты.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время является актуальным применение в клинической и фармацевтической областях экстрактов, вытяжек и других форм лекарственных средств, выделенных из природного сырья [1–3]. Многие современные лекарственные препараты и биологически активные добавки к пище, разработанные на основе растительных экстрактов или соединений, являются естественными источниками биологически активных веществ, которые оказывают широкий спектр биологического действия без побочных эффектов, что позволяет использовать их для профилактики и лечения различных патологий [4].

Мирт (*Myrtus communis* L.) – ценное лекарственное растение семейства *Myrtaceae* Juss., сырье которого широко используется в традиционной медицине для лечения различных заболеваний, которые сопровождаются в том числе болевыми синдромами и воспалением. Сырье мирта является ценным источником целого комплекса биологически активных веществ (фенольные кислоты, флавоноиды, эфирное масло и прочее), с чем связан широкий спектр его фармацевтической

активности. По данным ряда авторов [5–11], вторичные метаболиты мирта обладают антибактериальным, противогрибковым, противовоспалительным, антиоксидантным, противовирусным, противоязвенным, антидиабетическим, противовоспалительным и антисептическим действием, укрепляют иммунную систему.

В коллекции ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (НБС-ННЦ) мирт изучается как перспективная эфиромасличная и лекарственная культура. Сырье мирта, выращенного в условиях субтропической зоны Южного побережья Крыма, характеризуется высоким содержанием фенольных соединений (до 9.9 г/дм<sup>3</sup> в пересчете на галловую кислоту) [12, 13].

В современной литературе встречаются единичные публикации о возможной анальгетической и противовоспалительной эффективности водных и спиртовых экстрактов из листьев мирта [14–16], которые носят противоречивый характер.

В связи с вышеизложенным, целью данного исследования явился целенаправленный поиск анальгетического и противовоспалительного потенциала вторичных метаболитов *Myrtus communis* L.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

Объектом исследования являлись два вида сиропа и гидролат мирта, изготовленные в ФГБУН «НБС-ННЦ» из высушенных листьев мирта (*Myrtus communis* L.), собранных в период плодоношения растения. Экстракцию сырья и приготовление образцов проводили в соответствии с методом, описанным в Государственной фармакопее РФ XIII [18] с применением водного (образец I) и водно-этанольного экстрагентов (образец II). Гидролат мирта (образец III) получали методом паровой отгонки, которую выполняли по методу Далматова (ГОСТ 34213-2017) [19]. Исследование качественного состава фенольного комплекса проводили с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии согласно ОФС.1.2. 1.2.0005.15 на хроматографе фирмы Agilent Technologies (модель 1100), укомплектованным автоматическим инжектором и диодноматричным детектором, с последующей компьютерной обработкой результатов исследования с помощью программы «Chemstation». Компонентный состав летучих соединений гидролата определяли с помощью аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматек-Кристалл 5000.2», оснащенного масс-спектрометрическим детектором. Идентификация состава выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST 14 (Национальный Институт Стандартов и Технологий, США) и на основе рассчитанных индексов удерживания.

Применение указанных методов позволило определить качественный состав и стандартизировать фармацевтически активные компоненты сырья мирта. Установлено, что в образце I сумма флавоноидов составила 26 мг/л, из них основным является мирицетин-3-О-рамнозида (25,3 мг/л). Преобладающими

компонентами в составе этого образца являются фенольные кислоты (39,6 мг/л) – эллаговая (22,5 мг/л) и галловая (17,1 мг/л).

В образце II преобладающими компонентами являются флавоноиды, общая сумма которых составила 187 мг/л, в том числе флавоноид мирицетин-3-О-рамнозид (141,4 мг/л) и его галактозид (18,7 мг/л). Содержание фенольных кислот – галловой (25,7 мг/л) и эллаговой (9,8 мг/л) в процентном соотношении ниже, чем флавоноидов. Остальные компоненты содержатся в минорных концентрациях. Таким образом, в образце II общее содержание флавоноидов в 7,2 раза, а флавоноида мирицетин-3-О-рамнозида в 5,6 раз больше, чем в сиропе I.

Содержание эфирных масел в образце III составило 0,025%. Основными компонентами эфирного масла являются линалоол (76 мг/л) и миртенилацетат (275 мг/л).

*Экспериментальная часть работы* проведена на половозрелых самцах лабораторных белых крыс линии Вистар («ФГУП «Питомник лабораторных животных «Рапполово») весом от 190 до 270 грамм. Животные содержались в условиях вивария с естественным свето-темновым циклом при температуре 18–22 °С на подстилке на основе початков кукурузы (ООО «Зилубаг», Россия), со свободным доступом к воде и полноценному гранулированному корму ЛБК-120 (ЗАО «Тосненский комбикормовый завод», Россия).

Все манипуляции с животными проводили согласно ГОСТ Р 53434-2009 от 02. 12. 2009 и правилами лабораторной практики при проведении доклинических исследований [17]. Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Все процедуры, выполненные в исследованиях с участием животных, соответствовали этическим стандартам, утвержденным правовыми актами РФ, принципам Базельской декларации и рекомендациям этического комитета по биоэтике ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (протокол № 10 от 06. 12. 2022 г.).

Эксперимент проводился на крысах со средней двигательной активностью, низкой эмоциональной реакцией, отобранных в тесте «открытое поле», которые, как показали наши и другие исследования, представляют большинство в популяции и у них развивается типичная реакция на действие факторов разной природы, в том числе химические агенты, что позволяет минимизировать количество животных в экспериментальных группах.

Для каждого тестируемого вещества в каждую группу (контрольную, экспериментальные) было отобрано по 10 крыс. Введение исследуемых образцов I (2 группа), II (третья группа) и III (четвертая группа) в дозе 2.5 мл/кг осуществляли интрагастрально с помощью внутрижелудочного зонда ежедневно в течение 21 дня в утреннее время. Контрольной группе вводился эквивалентный объем питьевой воды.

Изменение болевой чувствительности крыс по сравнению с контрольной группой животных оценивали на 21 сутки в tail-flick-тесте (ТОХ, тест «отдергивания хвоста») (прибор LE7106 Tail-flick Meter, Pan Lab Panlab Harvard Apparatus, Испания) и в тесте «горячая пластина» (ТГП) (прибор «Cold and hot plate CNP», Bioseb, Франция). В данных тестах при появлении болевой реакции фиксировали время – латентный период болевой реакции (ЛПБР, с).

## АНАЛЬГЕТИЧЕСКИЙ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТЫ...

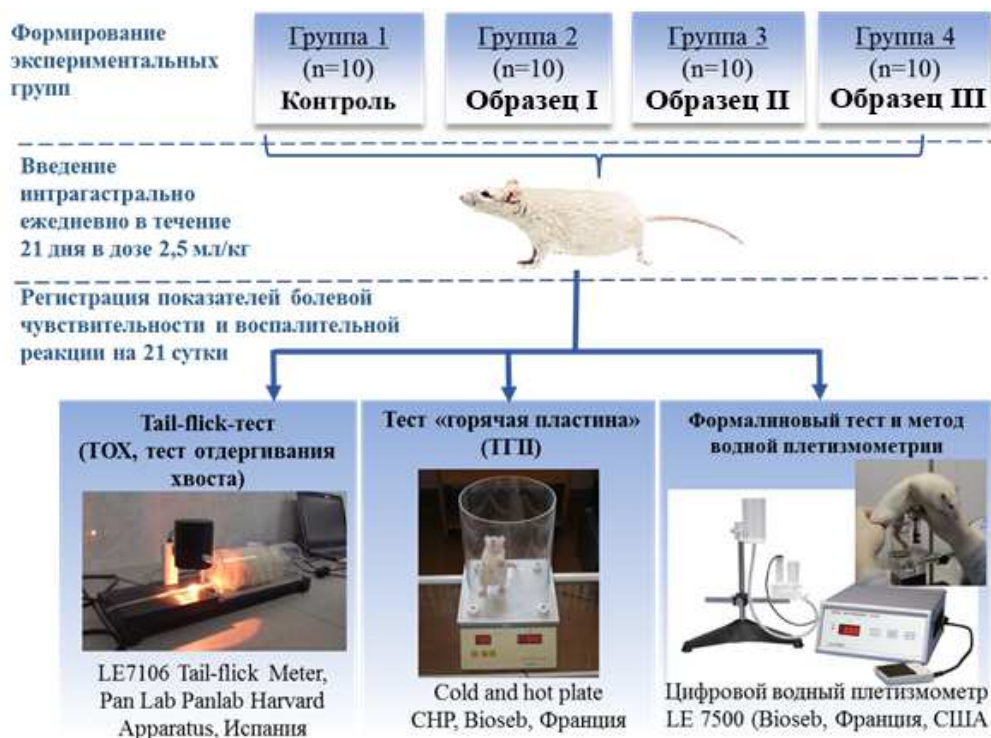


Рис. 1. Дизайн экспериментального исследования.

Применение разных алгометрических тестов связано с тем, что регуляция болевой чувствительности обеспечивается интегративным комплексом механизмов, имеющих избирательную, динамически изменяющуюся нейрохимическую и нейроморфологическую структуру, которая определяется видом действующего фактора [20].

Оценку острой воспалительной реакции проводили путем субплантарного введения 0,1 мл 2 % раствора формалина в виде водного раствора в левую заднюю лапу крысы («формалиновый тест»).

Величину отека конечности измеряли с помощью метода водной плетизмометрии (прибор LE 7500, Bioseb, Франция, США). Прирост отека оценивали по формуле:

$$П = \frac{О - И}{И} \times 100\%, \quad (1)$$

где П – прирост отека; О – величина объема лапы после введения экспериментального образца; И – величина объема лапы до введения экспериментального образца.

Анальгетическую и противовоспалительную эффективность (АЭ, %) образцов в разных болевых тестах оценивали по формуле:

$$АЭ = \left( \frac{Побр}{Пк} * 100 \right) - 100\%, \quad (2)$$

где Побр – показатель болевой чувствительности и воспалительной активности у крыс, после введения образца; Пк – показатель болевой чувствительности и воспалительной активности у крыс контрольной группы.

Статистическую и графическую обработку экспериментальных данных осуществляли с помощью программ «Statistica 10.0» (StatSoft, США) и «Microsoft Excel 2010». Проверку распределения данных на нормальность проводили с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Поскольку в ходе проведения эксперимента было выяснено, что распределение данных у большинства экспериментальных групп не соответствовало нормальному, значимость различий между группами оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни. Различия считались достоверными при  $p < 0.05$ .

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты исследования выявили значимые изменения показателей в альгометрических тестах у животных экспериментальных групп после 21-кратного введения тестируемых образцов в сравнении со значениями аналогичных показателей контрольной группы. Так, у животных второй группы (Образец I) зарегистрировано увеличение ЛПБР в ТГП на 34,71 % ( $p < 0.05$ ) относительно показателей в группе контрольных животных (рис. 2-Б). В «формалиновом» тесте, спустя час после пункции формалина отмечено снижение прироста отека задней конечности на 29,67 % ( $p < 0.05$ ) относительно значений данного показателя у животных контрольной группы (рис. 2-В).

У животных третьей группы (Образец II) выявлено достоверное увеличение ЛПБР в ТОХ на 36,61 % ( $p < 0.05$ ), в ТГП на 61,51 % ( $p < 0.05$ ) по сравнению с показателями контрольной группы. Показатель прироста отека в «формалиновом тесте» уменьшился на 29,67 % ( $p < 0.05$ ) по сравнению с контролем (см. рис. 2).

У крыс 4 группы после 21-кратного введения образца III статистически значимых различий значений исследуемых показателей в разных алгометрических тестах не зарегистрировано.

Таким образом, результаты проведенного исследования выявили анальгетическую и противовоспалительную активность тестируемых образцов, выраженность которой зависела от их состава. Сравнивая эффективность (в %) образцов относительно контроля в разных болевых тестах, на рисунке 3 видно, что наиболее выраженный эффект зарегистрирован при введении образца II (анальгетическая активность в тесте «отдергивания хвоста» возросла на 36,43 %, «горячей пластине» – на 55,22 %, на фоне снижения противовоспалительной активности на 34,82 %;  $p < 0.05$ ), наименее – у образца III (анальгетическая



активность в тесте «отдергивания хвоста» возросла на 8,81 %, «горячей пластине» – на 23,26 %, а противовоспалительная активность снизилась на 9,36 %;  $p \geq 0,05$ ).

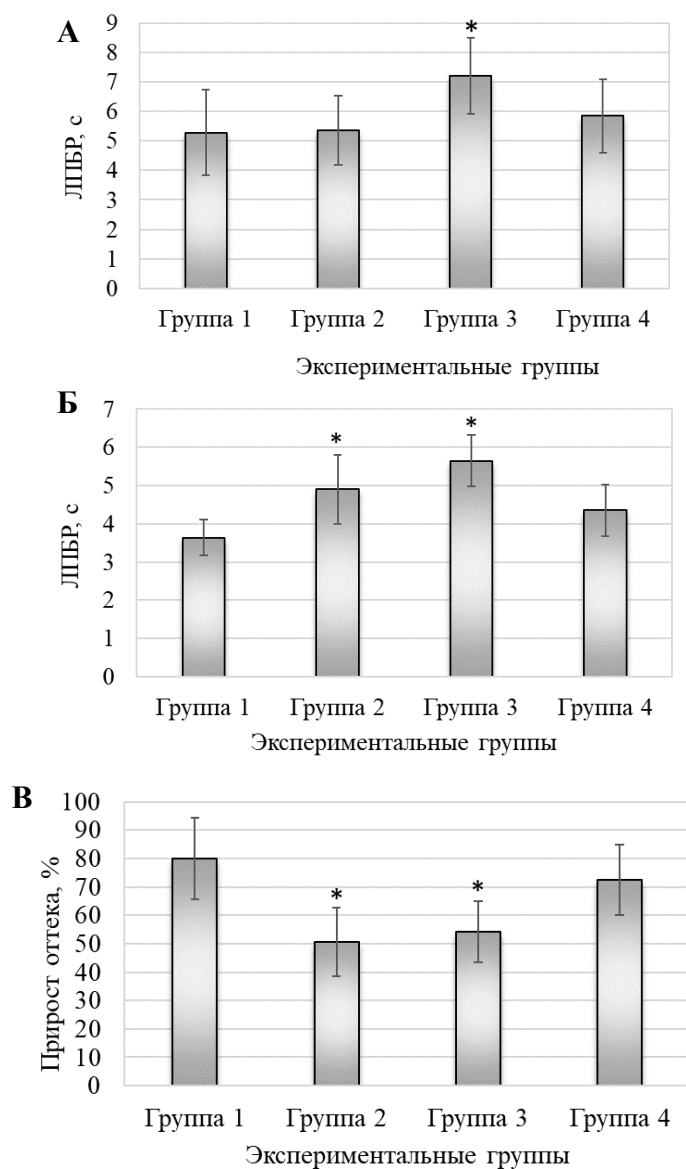


Рис. 2. Изменение латентного периода болевой реакции (ЛПБР, с) в тесте «отдергивания хвоста» (А), в тесте «горячая пластина» (Б), прироста отека (%) в тесте плетизмометрии (В) у крыс в контроле (Группа 1) и после введения образца I у крыс 2 группы, образца II у крыс 3 группы и образца III у крыс 4 группы.

*Примечание:* \* – достоверность полученных результатов по сравнению с показателями животных контрольной группы по U-критерию Манна – Уитни.

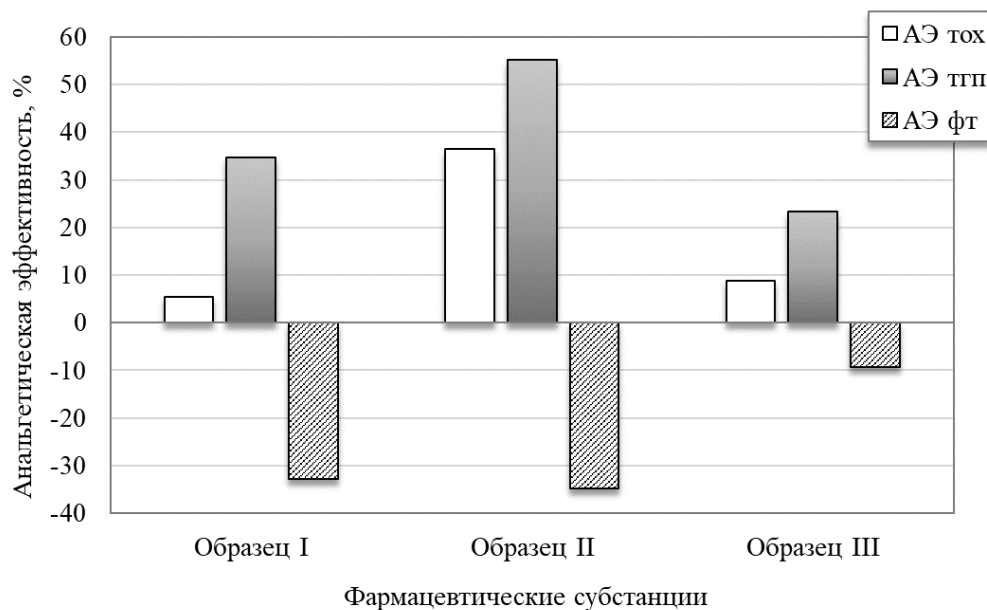


Рис. 3. Анальгетическая и противовоспалительная эффективность образцов вторичных метаболитов *Myrtus communis* L (в % относительно значений показателей в контрольной группе крыс) в тестах «отдергивания хвоста» (ТОХ), «горячей пластине» (ТГП), «формалиновом тесте» (ФТ).

В образце I преобладающими компонентами являются фенольные кислоты, в том числе галловая и эллаговая, которые обладают широким спектром фармацевтической активности, в частности, антиоксидатной эффективностью. Исследования *in vitro* механизма действия галловой кислоты показали, что это соединение мешает функционированию полиморфно-ядерных лейкоцитов, подавляет высвобождение и активность миелопероксидазы, возможно путем вмешательства в сборку активной НАДФН-оксидазы, что ведет к ингибированию воспалительного процесса [23]. В работе Mateus F. Rossato с соавторами показано, что пероральное введение галловой кислоты (100 мг/кг) самцам мышей оказывает антиноцицептивные и противовоспалительные эффекты в различных болевых моделях (после инъекции агонистов ионных каналов TRP1 ноцицепторов и сенсорных нейронов, хронической констрикционной травме и пр.) [24].

Доказано, что эллаговая кислота обладает антиноцицептивным эффектом в разных болевых тестах, в частности, в тесте корчей, вызванных уксусной кислотой, оказывая как дозозависимое центральное, так и периферическое антиноцицептивное действие через опиоидергические и L-аргинин-NO-цГМФ-АТФ-чувствительные пути K(+) каналов. Причем показано, что эллаговая кислота взаимодействует с морфиновой анальгезией синергическим образом [25].

Преобладающие в образце II флавоноиды также обладают выраженным анальгетическим эффектом, что согласуется с полученными данными. Отмечено,

что флавоноиды из экстракта листьев мирта (*Myrtus communis* L.) обладают противоболевым действием и этот эффект связан с взаимодействием флавоноидов с рецепторами  $\gamma$ -аминомасляной кислоты [26], уменьшением выделения простагландина E2 [10] и снижением активности циклооксигеназы-2 [27]. Кроме того, выявлено, что механизмы обезболивающего действия флавоноидов связаны с их способностью блокировать сигналы боли, передаваемые по нервным волокнам к центральной нервной системе, снижать уровень воспаления в тканях [28]. Исследования на животных и клеточных моделях человека и животных продемонстрировали высокий терапевтический потенциал мирицетин-3-О-рамнозида (основной компонент образца II) – антидиабетический, антиостеопорозный, противовоспалительный, гепатопротекторный, антиканцерогенный.

Приведенные исследования подтверждают анальгетическое и противовоспалительное действие вторичных метаболитов мирта, содержащихся в образцах I и II. Конечно, невозможно утверждать, что анальгетический и противовоспалительный эффекты вызваны конкретными метаболитами мирта, содержащимися в преобладающем количестве в их составе. На наш взгляд, это связано с действием комплекса вторичных метаболитов, который является для растений видоспецифичным фактором, однако для полного понимания этих механизмов требуются дополнительные исследования.

Экспериментально установлено, что гидролат эфирного масла мирта (образец III) вызвал лишь тенденцию к изменению значений показателей воспаления и боли. В доступной литературе имеются единичные данные о том, что эфирные масла мирта (0,05 г/кг) оказывают анальгетический эффект у мышей в тестах горячей пластиной и корчей, а также отека уха, вызванного ксилолом, причем этот эффект сопровождался уменьшением выделения простагландина E2 и снижением активности циклооксигеназы-2 [15]. В работе Valiollah Najhashemi и соавторов показано, что гидролаты эфирного масла, вводимые в высокой дозе (200 мкл/кг), имеют выраженный анальгетический эффект в разных болевых тестах (тестах отдергивания хвоста и отека лапы, индуцированный каррагинаном) у мышей [22]. Авторы предположили, что этот эффект связан со взаимодействием гидролата с системой эндогенных опиоидов. Следует, однако, отметить, что в нашем исследовании содержание эфирного масла в гидролате было не значительным (всего 0.025 %), что, по всей видимости, и привело к отсутствию статистически значимого эффекта.

Таким образом, полученные результаты выявили анальгетический и противовоспалительный эффекты комплекса вторичных метаболитов мирта, содержащих флавоноиды и фенольные кислоты. Эти и другие данные позволяют обосновать перспективность создания и внедрения новых биологически активных препаратов на основе комплекса вторичных метаболитов мирта.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Выявлены увеличение латентного периода болевой реакции в тестах «горячая пластина» и «отдергивания хвоста», уменьшение прироста отека конечности в

- тестах «формалиновой пробы» и плетизмометрии после 21-кратного введения вторичных метаболитов *Myrtus communis* L., содержащих флавоноиды и фенольные кислоты, что свидетельствует об их противоболевой и противовоспалительной активности.
2. После 21-кратного введения животным образца I с максимальным содержанием фенольных кислот (галловая и эллаговая; 39.6 мг/л) в тесте «горячая пластинка» зарегистрировано увеличение латентного периода болевой реакции на 34,71 % ( $p < 0,05$ ), в «формалиновом тесте» уменьшение прироста отека задней конечности на 29.67 % ( $p < 0,05$ ) относительно значений у животных контрольной группы.
  3. После 21-кратного введения фармацевтических субстанций *Myrtus communis* L. с максимальным содержанием флавоноидов (187 мг/л) (образец II) в болевых тестах «отдергивания хвоста» и «горячей пластины» у крыс выявлены увеличение латентного периода болевой реакции на 53,41 % ( $p < 0,01$ ) по сравнению со значениями контрольной группы. Показатель прироста отека в «формалиновом тесте» уменьшился на 29.67 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению со значениями в контрольной группе крыс.

Работа выполнялась в рамках программ исследований № АААА-А21-121011990099-6 «Физиологические механизмы биологического действия факторов разной природы и интенсивности», запланированной в ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» и темы FNNS-2022-0006НИР «Создание сортов эфиромасличных и лекарственных растений, содержащих значимые для здоровья человека биологически активные вещества, разработка на их основе и испытание средств для улучшения качества жизни человека», запланированной в ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН».

#### Список литературы

1. Семкина О. А. Биологически активные соединения растительного происхождения и перспективы их практического использования / О. А. Семкина, И. П. Смирнова, Л. М. Кишмахова, А. А. Терехин // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. – 2014. – №1. – С. 31–37.
2. Смирнова И. П. Использование растительных экстрактов в создании лекарственных средств разной терапевтической направленности / И. П. Смирнова, О. А. Семкина, О. В. Бондаренко // Антибиотики и химиотерапия. – 2016. – №3–4. – С. 30–34.
3. Лужанин В. Г. Качество лекарственных растительных препаратов: новые аспекты и решения. / Лужанин В. Г., Куркин В. А., Гравель И. В. // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. – 2023. – Т. 13, №2. – С. 128–133. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-13-2-128-133>.
4. Головкин Б. Н. Биологически активные вещества растительного происхождения: в 3 т. / Б. Н. Головкин, Р. Н. Руденская, И. А. Трофимова, А. И. Шретер. – М., 2001. – Т. 1. – 350 с.
5. Дунаевская Е. В. Содержание эссенциальных элементов в сырье *Myrtus communis* L. в основные фенофазы / Е. В. Дунаевская, Л. А. Логвиненко // Аграрный вестник Урала. – 2018. – №5 (172). – С. 20–26.
6. Aćimović M. Chemical Composition, Antioxidant, and Antimicrobial Activity of *Dracocephalum moldavica* L. Essential Oil and Hydrolate / M. Aćimović, O. Šovljanski, V. Šeregelj [et al.] // Plants (Basel, Switzerland). – 2022. – Vol. 11, №7. – P. 941

7. Бакова Е. Ю. Антиоксидантные свойства и токсичность экстракта и сиропа Мирта Обыкновенного / Е. Ю. Бакова, Д. И. Поздняков, Д. А. Коновалов, Н. Н. Бакова, В. Н. Оробинская // Научный журнал Современные наука и инновации. – 2022. – №4(40). – С. 107–113.
8. Бакова Е. Ю. Минеральный и аминокислотный состав листьев *Myrtus communis* L // Е. Ю. Бакова, Ю. В. Плугатарь, Н. Н. Бакова, Д. А. Коновалов // Химия растительного сырья. – 2019. – №3. – С. 217–223. DOI: 10.1425 8/j срpm.2019034917
9. Matsingou T. C. *Myrtus communis* L. essential oil: Chemical composition and antimicrobial activities against planktonic and biofilm-forming microorganisms. / T. C. Matsingou, P. V. Petrakis, N. G. Chorianopoulos [et al.] // PLoS One. – 2019. – Vol. 14(9). – P. e0221867.
10. Parhiz H. Antioxidant and anti-inflammatory properties of the citrus flavonoids hesperidin and hesperetin: an updated review of their molecular mechanisms and experimental models. / H. Parhiz, A. Roohbakhsh, F. Soltani, R. Rezaee, M. Iranshahi // Phytotherapy research: PTR. – 2015. – Vol. 29(3) – P. 323–331.
11. Berillo D. Overview of the Biological Activity of Anthraquinones and Flavanoids of the Plant Rumex Species. / D. Berillo, M. Kozhahmetova, L. Lebedeva // Molecules. – 2022. – Vol. 27(4). – P. 1204
12. Логвиненко Л. А. Содержание биологически активных веществ в листьях *Myrtus Communis* L. в условиях южного берега Крыма / Л. А. Логвиненко, Е. В. Дунаевская // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 01 (192). – С. 60–68. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-60-68.
13. Логвиненко Л. А. Культура мирт обыкновенный (*Myrtus communis* L.) в условиях Южного берега Крыма / Л. А. Логвиненко // Аграрный вестник Урала. – 2017. – №9(163). – С. 8–15.
14. Киселев А. Б. Эффективность эфирных масел в лечении острого вирусного риносинусита. / Киселев А. Б., Чаукина В. А., Андамова О. В., Автушко А. С., Гаршина Е. В. // Медицинский совет. – 2023. – 17(7). – С. 33–38. <https://doi.org/10.21518/ms2023-116>.
15. Luis-Nascimento R. Antinociceptive activity of *Myrtus communis* L. (Myrtaceae) on rat models of induced nociception / R. Luis-Nascimento, M. Mendoza-Luis, M. Garcia-Sanchez [et al.] // J. Med. Plant Res. – 2011. – Vol. 5(14). – P. 3112–3119.
16. Bouzenna H. *Myrtus communis* L. essential oil alleviates oxidative stress and reduces inflammation in acetic acid-induced colitis in rats / H. Bouzenna, N. Hfaiedh, M.-A. Giroux-Metges, A. Elfeki // Journal of Medicinal Food. – 2019. – V. 22 (11). – P. 1143–1150.
17. ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организационных процедур»
18. Государственная фармакопея РФ XIV изд. [Электронное издание]. <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>.
19. ГОСТ 34213-2017 Сырье эфиромасличное цветочно-травянистое. Методы отбора проб, определения влаги, примесей и эфирного масла. – М.: Стандартинформ, 2019. – 19 с.
20. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под общей редакцией члена-корреспондента РАМН, профессора Р. У. Хабриева – 2-изд., перераб. и доп. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2005. – 832 с.
21. Mansour R. B. Gastroprotective Effect of Microencapsulated *Myrtus communis* Essential Oil against Ethanol/HCl-Induced Acute Gastric Lesions. / Mansour R. B., Beji R. S., Wasli H., Zekri S., Ksouri R., Megdiche-Ksouri W., Cardoso S. M. // Molecules – 2022. – 27. – P. 1566. <https://doi.org/10.3390/molecules27051566>
22. Valiollah Hajhashemi Antinociceptive and anti-inflammatory effects extracts and essential oil / Valiollah Hajhashemi, Alireza Ghannadi, Sayed Karim Pezeshkian // Journal of Ethnopharmacology. – 2002. – V. 82, Is. 2–3. – P. 83–87.
23. Kroes B. Anti-Inflammatory Activity of Gallic Acid. / Kroes B., van den Berg A., Quarles van Ufford H., van Dijk H., & Labadie R. // Planta Medica. – 1992. – 58(06). – P. 499–504. doi:10.1055/s-2006-961535
24. Trevisan G. Gallic acid functions as a TRPA1 antagonist with relevant antinociceptive and antiedematogenic effects in mice. / Trevisan G., Rossato M. F., Tonello R., Hoffmeister C., Klafke J. Z., Rosa F., Ferreira J. // Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology. – 2014. – 387(7). – P. 679–689. doi:10.1007/s00210-014-0978-0
25. Mansouri M. T. Ellagic acid enhances morphine analgesia and attenuates the development of morphine tolerance and dependence in mice. / Mansouri M. T., Naghizadeh B., Ghorbanzadeh B. // Eur J Pharmacol. – 2014. – 741. – P. 272–280.

26. Lin Y. Luteolin, a flavonoid with potential for cancer prevention and therapy. / Y. Lin, R. Shi, X. Wang, H. M. Shen // *Current cancer drug targets*. – 2008. – Vol. 43(6) – P. 634–646.
27. Imran M. Luteolin, a flavonoid, as an anticancer agent: A review. / M. Imran, A. Rauf, T. Abu-Izneid [et al.] // *Biomedicine Biomed Pharmacother*. – 2019. – Vol. 112. – P. 108612
28. Camila R Ferraz. Therapeutic Potential of Flavonoids in Pain and Inflammation: Mechanisms of Action, Pre-Clinical and Clinical Data, and Pharmaceutical Development / Camila R Ferraz, Thacyana T Carvalho, Marília F Manchope, Nayara A Artero, Fernanda S Rasquel-Oliveira, Victor Fattori, Rubia Casagrande, Waldiceu A Verri // *Jr Molecules*. – 2020. – 25(3). – P. 762. doi: 10.3390/molecules25030762.

## **ANALGESIC AND ANTI-INFLAMMATORY POTENTIAL OF SECONDARY METABOLITES OF *MYRTUS COMMUNIS* L.**

*Dzheldubaeva E. R.<sup>1</sup>, Yarmolyuk N. S.<sup>1</sup>, Chuyan E. N.<sup>1</sup>, Shevchuk O. M.<sup>2</sup>, Bakova N. N.<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup>*The Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS Nikita, Yalta, Republic of the Crimea, Russia*

*E-mail: delviza@mail.ru*

Nowadays, the use of extracts, extracts and other forms of drugs isolated from natural raw materials in clinical, pharmaceutical fields is becoming relevant. Many modern medicines are developed on the basis of plant extracts or compounds, moreover, many of these extracts are natural sources of biologically active substances that can have anti-inflammatory and anti-pain effects without side effects and the possibility of using drugs in the treatment of chronic pathologies.

Myrtle (*Myrtus communis* L.) is a valuable medicinal plant of the *Myrtaceae* Juss. family, which is widely used in traditional medicine for the treatment of various diseases, including pain and inflammation. Myrtle raw material is a valuable source of a whole complex of biologically active substances (phenolic acids, flavonoids, essential oil, etc.), which is associated with a wide range of its pharmacological activity. According to a number of authors, the secondary metabolites of myrtle, including essential oils, have antibacterial, antifungal, anti-inflammatory, antioxidant, antiviral, anti-ulcer, and antidiabetic pharmacological effects. Myrtle contains flavonoids which are potent antioxidants, help protect cells from free radical damage, also strengthen the immune system and have anti-inflammatory and antiseptic properties.

At the same time, many studies have shown the anti-pain and anti-inflammatory efficacy of aqueous and alcoholic extracts from myrtle leaves. However, there are practically no data on the effect of secondary metabolites of this plant on pain sensitivity and inflammatory response.

Therefore, the aim of this study was to find the analgesic and anti-inflammatory potential of *Myrtus communis* secondary metabolites.

An increase in the latent period of pain response in the hot plate and tail jerk tests, a decrease in the increase of edema in the formalin test and plethysmometry tests upon

administration of *Myrtus communis* L. secondary metabolites were revealed, indicating their anti-pain and anti-inflammatory activity.

After 21-day administration of pharmacologically active substances of *Myrtus communis* L. with maximum content of flavonoids (sample II) in pain tests of tail jerking and hot plate in rats the increase of latent period of pain reaction by 53,41 % (p<0,01) in comparison with the values of the control group was revealed.

In the Hot plate test *Myrtus communis* L. compounds with the maximum content of gallic acid (sample I) increased the latent period of pain response by 34,71 % (p<0,05), with the maximum content of flavonoids (syrup II) – by 55,32 % (p<0,05) in comparison with the values in animals of the control group, which indicates a decrease in pain sensitivity at the supraspinal level, indicating the analgesic effect of these substances.

The formalin test and subsequent plethysmometry revealed a decrease in hind limb edema increment one hour after formalin injection relative to the values in animals of the control group (sample I – by 37,50 % (p<0,05), sample II – by 32,11 % (p<0,05) respectively), indicating the anti-inflammatory effect of *Myrtus communis* secondary metabolites.

**Keywords:** analgesic and anti-inflammatory effects, rats, *Myrtus communis* L.

### References

1. Semkina O. A. Smirnova I. P., Kishmakhova L. M., Terekhin A. A. Biologically active compounds of plant origin and prospects for their practical use, *Vestnik RUDN. Series: Agronomy and animal husbandry*, **1**, 31 (2014).
2. Smirnova I. P., Semkina O. A., Bondarenko O. V. Use of plant extracts in the creation of drugs of different therapeutic orientation, *Antibiotics and Chemotherapy*, **3-4**, 30 (2016).
3. Luzhanin V. G., Kurkin V. A., Gravel I. V. Quality of Herbal Medicines: New Aspects and Solutions, *Bulletin of the Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products. Regulatory Research and Medicine Evaluation*, **13(2)**, 128 (2023) (In Russ.) <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-13-2-128-133>
4. Golovkin B. N., Rudenskaya R. N., Trofimova I. A., Shreter A. I. *Biologically active substances of plant origin: in 3 vols*, **1**, 350 (M., 2001).
5. Dunayevskaya E. V., Logvinenko L. A. The content of essential elements in the raw materials of *Myrtus communis* L. in the main phenophases, *Agrarny vestnik Urala*, **5 (172)**, 20 (2018).
6. Aćimović M., Šovljanski O., Šeregelj V. [et al.] Chemical Composition, Antioxidant, and Antimicrobial Activity of *Dracocephalum moldavica* L. Essential Oil and Hydrolate, *Plants (Basel, Switzerland)*, **11**, 7, 941 (2022).
7. Bakova E. Yu., Pozdnyakov D. I., Konovalov D. A., Bakova N. N., Orobinskaya V. N. Antioxidant properties and toxicity of extract and syrup of Myrtle Myrtle Common, *Scientific Journal of Modern Science and Innovation*, **4(40)**, 107 (2022).
8. Bakova E. Yu., Plugatar Y. V., Bakova N. N., Konovalov D. A. Mineral and amino acid composition of leaves of *Myrtus communis* L., *Chemistry of plant raw materials*, **3**, 217 (2019) DOI: 10.1425 8/jcprm.2019034917
9. Matsingou T. C., Petrakis P. V., Chorianopoulos N. G. [et al.] *Myrtus communis* L. essential oil: Chemical composition and antimicrobial activities against planktonic and biofilm-forming microorganisms, *PLoS One*, **14(9)**, e0221867 (2019).
10. Parhiz H., Roohbakhsh A., Soltani F., Rezaee R., Iranshahi M. Antioxidant and anti-inflammatory properties of the citrus flavonoids hesperidin and hesperetin: an updated review of their molecular mechanisms and experimental models, *Phytotherapy research: PTR*, **29(3)**, 323 (2015).
11. Berillo D., Kozhahmetova M., Lebedeva L. Overview of the Biological Activity of Anthraquinones and Flavanoids of the Plant Rumex Species, *Molecules*, **27(4)**, 1204 (2022).

12. Kiselev A. B., Chaukina V. A., Andamova O. V., Avtushko A. S., Garshina E. V. Effectiveness of essential oils in the treatment of acute viral rhinosinusitis, *Medical Council.*, **17(7)**, 33 (2023). <https://doi.org/10.21518/ms2023-116>.
13. Luis-Nascimento R., Mendoza-Luis M., Garcia-Sanchez M. [et al.] Antinociceptive activity of *Myrtus communis* L. (Myrtaceae) on rat models of induced nociception, *J. Med. Plant Res.*, **5(14)**, 3112 (2011).
14. Bouzenna H., Hfaiedh N., Giroux-Metges M.-A., Elfeki A. *Myrtus communis* L. essential oil alleviates oxidative stress and reduces inflammation in acetic acid-induced colitis in rats, *Journal of Medicinal Food*, **22(11)**, 1143 (2019).
15. Logvinenko L. A., Dunayevskaya E. V. Content of biologically active substances in the leaves of *Myrtus communis* L. in the conditions of the southern coast of Crimea, *Agrarny vestnik Urala*, **01 (192)**, 60 (2020) DOI: 10.32417/1997-4868-2020-192-1-60-68.
16. Logvinenko L. A. Culture of common myrtle (*Myrtus communis* L.) in the conditions of the Southern coast of Crimea, *Agrarny vestnik Urala*, **9(163)**, 8 (2017).
17. GOST 33215-2014 "Guidelines for the maintenance and care of laboratory animals. Rules for equipment of premises and organizational procedures"
18. *State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV ed.* [Electronic edition]. <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>.
19. GOST 34213-2017 *Raw materials of essential oil-bearing floral and herbaceous. Methods of sampling, determination of moisture, impurities and essential oil*, 19 p. (Moscow: Standartinform, 2019).
20. *Manual on experimental (preclinical) study of new pharmacological substances*, Under the general editorship of Corresponding Member of the Russian Academy of Medical Sciences, Professor R. U. Khabriev – 2-edition, revision and supplement, 832 p. (Moscow: JSC "Publishing House "Medicine", 2005).
21. Mansour R. B., Beji R. S., Wasli H., Zekri S., Ksouri R., Megdiche-Ksouri W., Cardoso S. M. Gastroprotective Effect of Microencapsulated *Myrtus communis* Essential Oil against Ethanol/HCl-Induced Acute Gastric Lesions, *Molecules*, **27**, 1566. (2022) <https://doi.org/10.3390/molecules27051566>
22. Buccioni F., Purgatorio C., Maggio F., Garzoli [et al.] Unraveling the Antimicrobial Effectiveness of *Coridothymus capitatus* Hydrolate against *Listeria monocytogenes* in Environmental Conditions Encountered in Foods: An In Vitro Study, *Microorganisms*, **10(5)**, 920. (2022).
23. Kroes B., van den Berg A., Quarles van Ufford H., van Dijk H., & Labadie R. Anti-Inflammatory Activity of Gallic Acid. *Planta Medica*, **58(06)**, 499 (1992). doi:10.1055/s-2006-961535
24. Trevisan G., Rossato M. F., Tonello R., Hoffmeister C., Klafke J. Z., Rosa F., ... Ferreira J. Gallic acid functions as a TRPA1 antagonist with relevant antinociceptive and antiedematogenic effects in mice. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, **387(7)**, 679 (2014). doi:10.1007/s00210-014-0978-0
25. Mansouri M. T., Naghizadeh B., Ghorbanzadeh B. Ellagic acid enhances morphine analgesia and attenuates the development of morphine tolerance and dependence in mice, *Eur J Pharmacol.*, **741**, 272 (2014).
26. Lin Y., Shi R., Wang X., Shen H. M. Luteolin, a flavonoid with potential for cancer prevention and therapy, *Current cancer drug targets*, **43(6)**, 634 (2008).
27. Imran M., Rauf A., Abu-Izneid T. [et al.] Luteolin, a flavonoid, as an anticancer agent: A review, *Biomedicine Biomed Pharmacother*, **112**, 108612 (2019).
28. Camila R. Ferraz., Thacyana T. Carvalho, Marília F. Manchope, Nayara A. Artero, Fernanda S. Rasquel-Oliveira, Victor Fattori, Rubia Casagrande, Waldiceu A. Verri. Therapeutic Potential of Flavonoids in Pain and Inflammation: Mechanisms of Action, Pre-Clinical and Clinical Data, and Pharmaceutical Development, *Jr Molecules*, **25(3)**, 762 (2020). doi: 10.3390/molecules25030762.



**УДК 612.24.**

## **ВЛИЯНИЕ АРОМАТЕРАПИИ НА РЕСПИРАТОРНУЮ СИСТЕМУ ЧЕЛОВЕКА**

*Заячникова Т. В.*

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации ФГАОУ ВО «Крымский  
федеральный университет имени В. И. Вернадского», Республика Крым, Симферополь, Россия  
E-mail: tanyaz75@mail.ru*

Показано, что курсовое применение аппаратной ароматерапии с пихтовым маслом оптимизирует показатели внешнего дыхания у здоровых испытуемых, при этом увеличиваются резервные объемы, жизненная емкость, а также динамические объемные показатели легких у испытуемых.

**Ключевые слова:** ароматерапия, респираторная система, масло пихты.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы возрос интерес к нетрадиционной медицине, в том числе к фитотерапии. Фитотерапия – это применение лекарственных растений и фитопрепаратов (в виде настоев, отваров, концентратов, и других растительных экстрактов) в лечебных целях медицинскими работниками и народными врачами. Многочисленные клинические и экспериментальные исследования подтвердили эффективность растительных препаратов, поэтому фитотерапия приобрела научное значение [1]. В свою очередь, одним из направлений фитотерапии является ароматерапия.

Ароматерапия (АТ) – это использование растительных эфирных масел для лечения различных заболеваний, а также коррекции таких состояний как хронические боли, бессонница, когнитивных расстройств и расстройств, связанных со стрессом (депрессии, тревожности и т.п.) [2, 3].

Ароматерапия традиционно связана с вдыханием эфирных масел, поэтому респираторная система является одной из основных её мишеней. Это касается также и лечения патологий дыхательной системы. В настоящее время особую актуальность приобретает санаторно-курортная реабилитация людей с заболеваниями органов дыхания, частью которой является ароматерапия. Такие процедуры популярны и широко распространены в Крыму [4, 5]. В этом плане ароматерапия может стать не только методом коррекции пульмонологических патологий, но и способом их профилактики [6], для чего могут быть использованы в том числе и эфирные масла хвойных растений. Однако, эта область научного знания по-прежнему слабо исследована.

В связи с вышеизложенным, целью данного исследования явилось изучение влияния аппаратной ароматерапии с пихтовым маслом для коррекции

функционального состояния респираторной системы условно-здоровых испытуемых.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» кафедры физиологии человека и животных и биофизики Института биохимических технологий, экологии и фармации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского». В эксперименте принимали участие 20 студентов-волонтеров в возрасте от 18 до 21 лет, условно – здоровых, не имеющих хронических заболеваний. Все испытуемые дали добровольное согласие на участие в исследовании, так же испытуемым предлагалось заполнить анкету, в которой они могли указать имеются ли у них хронические, аллергические заболевания и т.д.

Программа исследования включала изучение особенностей внешнего дыхания под влиянием 10-тидневного курса ароматерапии.

Все испытуемые были разделены на 2 группы:

В 1 группу (контрольная, 10 человек) вошли волонтеры, которым не проходили сеанс АТ пихтовым маслом (ТМ «Царство ароматов»), во 2 группу (экспериментальная, 10 человек) волонтеры, которые в течение 10-ти дней в утреннее время суток проходили 30-ти минутные сеансы ароматерапии пихтовым маслом с помощью аромагенератора "Фитотрон" (АГЭД-01, производства ЗАО "Аэромед").

Регистрация исследуемых показателей внешнего дыхания у испытуемых первой и второй групп проводилась на первые, пятые, десятые сутки.

Исследование проводилось в первой половине дня, не ранее чем через полтора часа после последнего приема пищи. Перед данным исследованием требовалось не курить и не пить стимулирующие напитки (кофе, энергетические напитки).

Метод управляемой аппаратной аромафитотерапии (АФТ) физиологичен и безопасен, т.к. дыхательная среда содержит только летучие фракции, свойственные природной среде, и позволяет полноценно реализовать весь арсенал полезных свойств эфирных масел (ЭМ). При применении аппаратной АФТ образуются летучие фракции ЭМ, моделирующие природный воздушный фон над растениями. Аппаратная АФТ осуществляется с помощью специальных устройств, позволяющих дозировать подачу летучих компонентов ЭМ и создавать стандартную и воспроизводимую дыхательную среду лечебного помещения [7]. Таким устройством является аромагенератор «Фитотрон» (АГЭД-01, ЗАО «Аэромед»). Скорость воздушного потока в лечебном помещении во время ароматерапии не более 0,1 м/с. [8]. При использовании аппарата «Фитотрон» осуществляется подача ЭМ без изменения их естественных свойств, так как не используется нагревание. Широкий спектр лечебного воздействия способствует тому, что при вдыхании эфирных масел отсутствуют аллергические реакции, нет противопоказаний и побочных эффектов.

Спирографическое исследование проводилось с помощью комплекса диагностического с блоком спирографических тестов «Спиро-Спектр» (производства ООО «Нейрософт», Иваново). При этом оценивали следующие показатели:

1. Статические объемные показатели:
  - резервный объем вдоха – Ровд (Л);
  - резервный объем выдоха – Ровыд (Л).
  - жизненная емкость легких – ЖЕЛ (л).
3. Динамические объемные показатели:
  - форсированная жизненная емкость легких – ФЖЕЛ (л);
  - объем форсированного выдоха за первую секунду – ОФВ 1 (л).

Статистический анализ и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием пакета статистического анализа STATISTICA for Windows версии 8.0. Достоверность различий, полученных данных определяли с помощью критерия Вилкоксона.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При оценке спирографических показателей у испытуемых выделенных групп не было зарегистрировано достоверных отличий исследуемых показателей до начала проведения сеансов АТ.

У испытуемых контрольной группы на протяжении 10-ти дней исследования не было выявлено достоверных различий изменений исследуемых показателей внешнего дыхания.

При проведении спирографического исследования под влиянием курсового применения аппаратной ароматерапии у испытуемых второй группы были зарегистрированы достоверные изменения как статических, так и динамических объемных и емкостных показателей респираторной системы.

Так, при проведении Теста «Спокойное дыхание» уже после 1-го сеанса аппаратной ароматерапии у испытуемых было зарегистрировано тенденция к увеличению значений показателя жизненной емкости лёгких (ЖЕЛ) на 5,0 % ( $p > 0,05$ ) по сравнению со значениями данного показателя у испытуемых контрольной группы.

У испытуемых, на 5-е сутки исследования значения данного показателя под воздействием ароматерапии были зарегистрированы на 18,2 % ( $p < 0,05$ ), а на 10-е сутки на 25,4 % ( $p < 0,05$ ) выше, чем у испытуемых контрольной группы, не подвергавшихся действию аппаратной ароматерапии (рисунок 1.).

Таким образом, методом спирографии зарегистрировано, что 10-тидневный курс ароматерапии достоверно увеличивает значения статических объемных показателей легких волонтеров, в частности показателя жизненной емкости легких, по сравнению с данными, полученными у испытуемых контрольной группы.

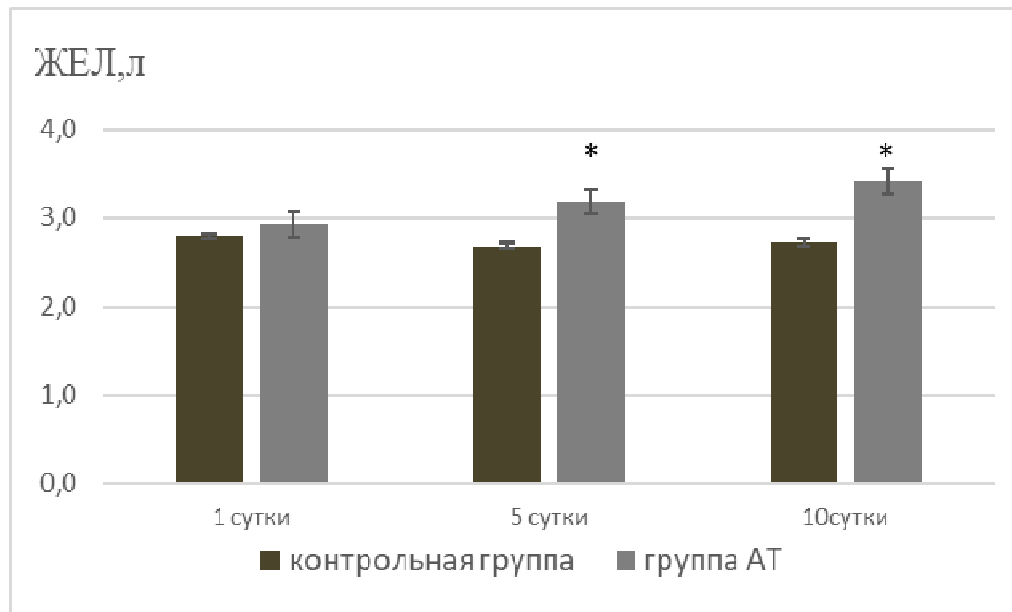


Рис. 1. Динамика изменения показателя жизненной емкости легких (ЖЕЛ, л) у испытуемых выделенных групп под воздействием 10-тидневного курса ароматерапии

*Примечание:* \* – достоверность различий  $p < 0,05$  по критерию Вилкоксона по сравнению с данными, полученными у испытуемых контрольной группы; АТ – группа испытуемых, подвергавшихся действию курса ароматерапии.

Подтверждением полученных данных является анализ показателей резервного объема вдоха и выдоха у испытуемых выделенных групп (рис. 2). Так, на 1-е сутки исследования после сеанса АТ у испытуемых второй группы нами зарегистрировано увеличение значений показателей резервного объема вдоха на 17,0 % ( $p < 0,05$ ), а выдоха на 20,0 % ( $p < 0,05$ ), относительно значений, полученных в контрольной группе испытуемых. На 5-е сутки исследования эти значения составили: РО вд. 35,3 % ( $p < 0,05$ ), РО выд. 37,6% ( $p < 0,05$ ), а на 10-е сутки РО вд. 42,9 % ( $p < 0,05$ ), РО выд. 70,9% ( $p < 0,05$ ) относительно значений, полученных в контрольной группе испытуемых (рис. 2 А, Б)

Следовательно, у испытуемых второй группы, 10-тидневный курс аппаратной АТ привел к достоверному увеличению значений, как дыхательного объема легких, так и резервных объемов легких в тесте «Спокойное дыхание».

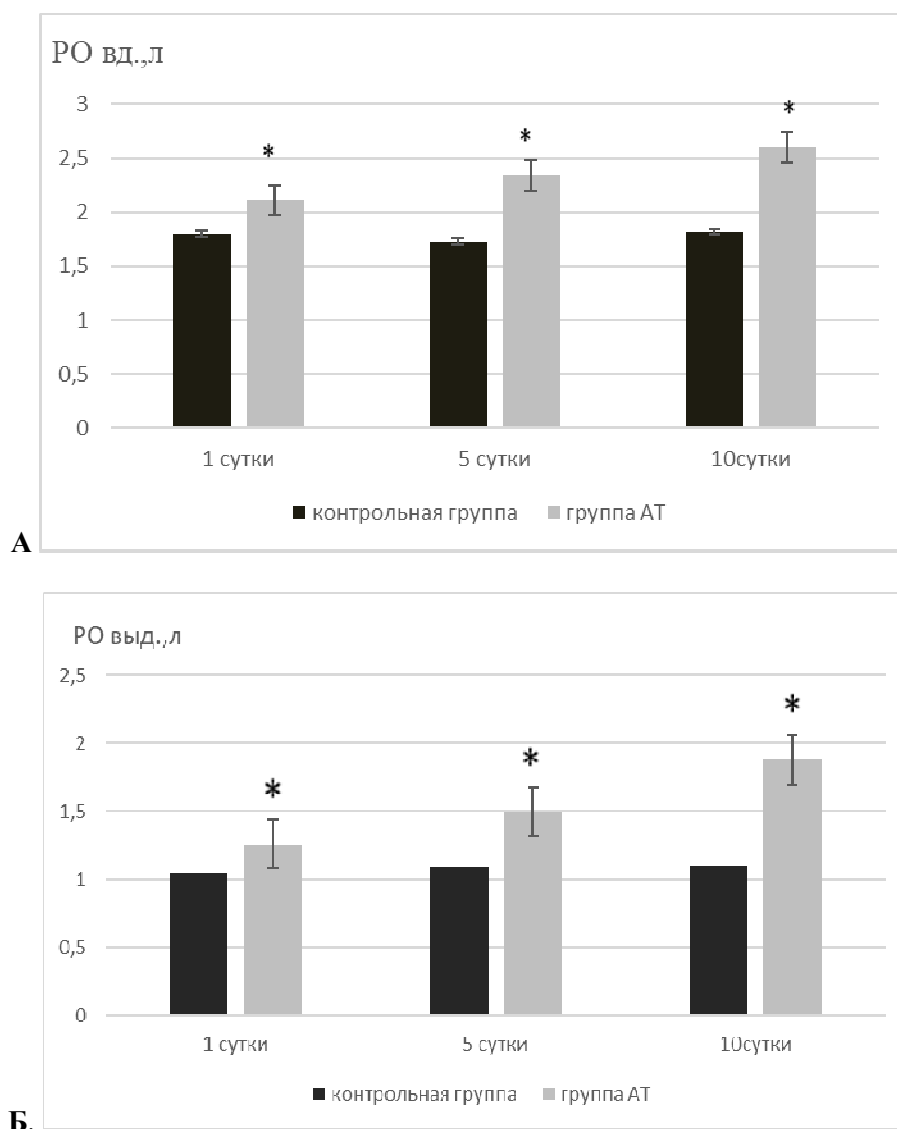


Рис. 2. Динамика изменения показателей резервного объема вдоха (РО вд., л) и выдоха (РО, выд., л) у испытуемых выделенных групп под воздействием 10-тидневного курса ароматерапии

*Примечание:* обозначения те же, что и на рисунке 1.

При анализе значений исследуемых показателей в тесте «Форсированный выдох» на 1-е сутки исследования у испытуемых второй группы не было зарегистрировано достоверных изменения показателей форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ, л) и объема форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ 1), а увеличение значений этих показателей носило характер тенденции ( $p > 0,05$ )

(рис. 3) Однако, на 5-е сутки исследования значения ФЖЕЛ достоверно увеличились на 10,7 % ( $p < 0,05$ ) и ОФВ на 23,0 % ( $p < 0,05$ ), а на 10-е сутки значения ФЖЕЛ составили 111,8 % ( $p < 0,05$ ), а ОФВ1 25,0 % ( $p < 0,05$ ) относительно значений, полученных в контрольной группе испытуемых (рис. 3).

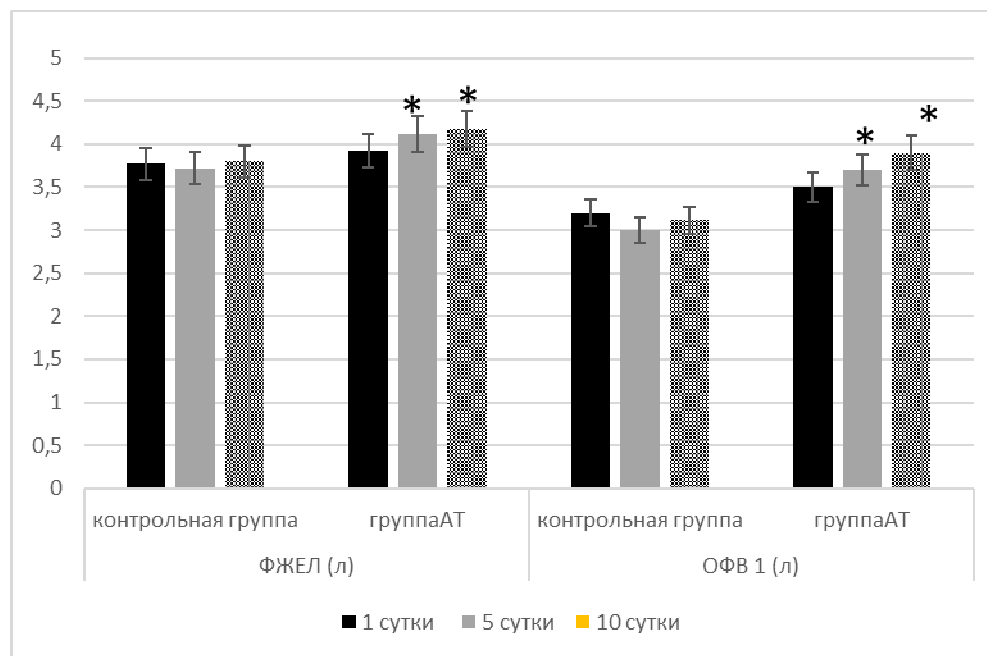


Рис 3. Динамика изменения форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ, л) и объема форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ1, л) у испытуемых выделенных групп под воздействием 10-тидневного курса ароматерапии.  
Примечание: обозначения те же, что и на рисунок 1.

Таким образом, курсовое применение аппаратной ароматерапии приводит к увеличению значений динамических объемных показателей легких, в частности форсированной жизненной емкости легких и объема форсированного выдоха за 1 сек в тесте «Форсированный выдох».

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что под влиянием 10-ти дневного курса ароматерапии у испытуемых отмечено увеличение как статических (объемных и емкостных), так и динамических респираторных показателей, что свидетельствовало об увеличении функции внешнего дыхания к верхним границам возрастной нормы. Данный эффект зависел от продолжительности курса ароматерапии, наибольшие изменения всех изученных показателей были зарегистрированы на 10-е сутки курсового применения ароматерапии.

Указанные изменения отражают перестройку бронхолегочной системы испытуемых в сторону увеличения функциональных резервов этой системы под влиянием курсового применения АТ.

Подобные клинические наблюдения показали, что применение аппаратной ароматерапии стимулирует защитные механизмы дыхательных путей, обладает муколитическим, бронходренажным эффектом, оказывает противовоспалительное и иммуномодулирующее действие, увеличивает устойчивость слизистой оболочки к действию инфекции [2, 9].

В литературных данных показано, что ароматерапия активизирует внутренние резервы человека и нейтрализует неблагоприятное воздействие окружающей среды, является природным фактором с широким спектром положительного действия на многие системы организма. Она обладает универсальным профилактическим действием и имеет ряд преимуществ перед другими профилактическими средствами. Так, эфирное пихтовое масло в состав которого входит камфора и летучие вещества, такие как борнилацетат, сантен, сесквитерпены и альдегиды вызывает значительное модулирующее действие на респираторную систему волонтеров, принимавших участие в данном исследовании [10–12].

Так, во многом реализация эффектов влияния ароматерапии с помощью эфирного масла пихты на организм испытуемых экспериментальной группы, подвергавшихся действию данного фактора, обеспечивается благодаря его многокомпонентному составу, близкому по химической структуре к фармакологическим препаратам, используемым для биорегуляции физиологических систем организма, что позволяет рекомендовать данный метод для коррекции функционального состояния респираторной системы испытуемых.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение курса ароматерапии с пихтовым маслом положительно влияет на респираторную систему испытуемых, о чем свидетельствует увеличение статических (объемных и емкостных) и динамических респираторных показателей. Таким образом, данный вид ароматерапии повышает резервные возможности организма. Установлена зависимость изменения показателей внешнего дыхания испытуемых от продолжительности курса ароматерапии.

*Работа выполнена на оборудовании ЦКП научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского».*

## Список литературы

1. Schilcher H. Phytotherapy and classical medicine / H. Schilcher // Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. – 1994. – Vol. 2, № 3. – P. 71–80.
2. Setzer W. N. Essential oils and anxiolytic aromatherapy / W. N. Setzer // Natural product communications. – 2009. – Vol. 4, № 9. – P. 1305–1316.

3. Umezu T. Evaluation of the effects of plant-derived essential oils on central nervous system function using discrete shuttle-type conditioned avoidance response in mice / T. Umezu // *Phytotherapy Research*. – 2012. – Vol. 26, № 6. – P. 884–891
4. Мизин В. И. Эффекты применения ультрафонофореза CO<sub>2</sub>-экстракта можжевельника у больных хронической обструктивной болезнью легких / В. И. Мизин, Л. Ш. Дудченко, Г. Г. Масликова [и др.] // *Вестник физиотерапии и курортологии*. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 80.
5. Сафронова Н. С. Эффективность санаторно-курортного этапа реабилитации женщин с хронической обструктивной болезнью легких в зависимости от времени года / Н. С. Сафронова, О. А. Соколова // *Современная медицина: актуальные вопросы*. – 2016. – № 4-5 (47). – С. 162–170.
6. Наркевич Е. Н. Новое научно-практическое направление реабилитации и профилактики в пульмонологии (обзорная статья) / Е. Н. Наркевич // *Journal of Siberian Medical Sciences*. – 2009. – № 4. – С. 10.
7. Ajupova R. Preparation and evaluation of the oral gel containing the essential oil from Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) / R. Ajupova, R. Masteiková, M. Nejezchlebová [et al.] // *Ceska a Slovenska Farmacie: Casopis Ceske Farmaceuticke Spolecnosti a Slovenske Farmaceuticke Spolecnosti*. – 2014. – Vol. 63, № 3. – P. 113–119.
8. Чуян Е. Н. Научно-методические рекомендации по применению управляемых дыхательных сред для коррекции функционального состояния человека / Чуян Е. Н., Раваева М. Ю. – Симферополь, 2008. – 71 с.
9. Костанова А. В. Терапевтический потенциал ароматерапии / Костанова А. В., Дергачев Д. С., Суботялов М. А. // *Эффективная фармакотерапия*. – 2021. – Т. 17, № 18. – С. 50–55.
10. Басиев З. Г. Ароматерапия в комплексе вспомогательных лечебных мероприятий у больных бронхиальной астмой / Басиев З. Г., Басиева О. З. // *Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI»*. 2006. – Т. 8, № 2. – С. 69–70.
11. Tisserand R. *Essential oil safety*. 2nd edition / R. Tisserand, Young R. – London: Churchill Livingstone, 2013. – 800 p.
12. Swor K. Foliar essential oil of white fir (*Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr.): Chemical Composition and Enantiomeric Distribution / K. Swor, A. Poudel, A. Rokaya [et al.] // *Natural Product Communications*. – 2022. – Vol. 17, № 3. – P. 1–6.

## **THE EFFECT OF AROMATHERAPY ON THE HUMAN RESPIRATORY SYSTEM**

***Zayachnikova T. V.***

***Institute of Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Republic of Crimea, Simferopol, Russia***  
***E-mail: tanyaz75@mail.ru***

In recent years, there has been an increased interest in alternative medicine, including herbal medicine. Phytotherapy is the use of medicinal plants and phytopreparations (in the form of infusions, decoctions, concentrates, and other plant extracts) for medicinal purposes by medical professionals and traditional doctors. Numerous clinical and experimental studies have confirmed the effectiveness of herbal preparations, so phytotherapy has acquired scientific significance. In turn, one of the directions of phytotherapy is aromatherapy.



Aromatherapy is the use of herbal essential oils for the treatment of various diseases, as well as the correction of conditions such as chronic pain, insomnia, cognitive disorders and stress-related disorders (depression, anxiety, etc.).

Aromatherapy is traditionally associated with the inhalation of essential oils; therefore, the respiratory system is one of its main targets. This also applies to the treatment of pathologies of the respiratory system. Currently, sanatorium-resort rehabilitation of people with respiratory diseases, of which aromatherapy is a part, is becoming particularly relevant.

In connection with the above, the purpose of this study was to study the effect of hardware aromatherapy with fir oil to correct the functional state of the respiratory system of conditionally healthy subjects.

The research program included the study of the peculiarities of external respiration under the influence of a 10-day course of aromatherapy (Vital lung capacity, reserve volume of inhalation and exhalation, forced vital lung capacity and forced exhalation volume in 1 second).

All the subjects were divided into 2 groups. The control group included volunteers who did not undergo aromatherapy, the second group (experimental) volunteers who for 10 days in the morning underwent 30-minute sessions of aromatherapy with fir oil using the Phytotron aroma generator. Registration of the studied indicators of external respiration in the subjects of the first and second groups is carried out on the first, fifth, tenth days. Hardware aromatherapy is carried out using special devices that allow dosing the supply of volatile EM components and creating a standard and reproducible respiratory environment of the treatment room. Such a device is the Phytotron aroma generator. The spiographic study was carried out using a diagnostic complex with a block of spiographic tests "Spiro-Spectrum".

The conducted course of aromatherapy showed a positive effect on the respiratory system of the subjects, since an increase in static (volumetric and capacitive) and dynamic respiratory parameters was recorded, which indicated an increase in the function of external respiration, indicating an increase in the reserve capabilities of the body.

Thus, in many ways, the realization of the effects of aromatherapy using fir essential oil on the body of the experimental group of subjects exposed to this factor is ensured due to its multicomponent composition, similar in chemical structure to pharmacological preparations used for bioregulation of physiological body systems, which allows us to recommend this method for correcting the functional state of the respiratory system of volunteers.

**Keywords:** aromatherapy, respiratory system, fir oil.

#### References

1. Schilcher H. Phytotherapy and classical medicine, *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, **2, 3**, 71 (1994).
2. Setzer W. N. Essential oils and anxiolytic aromatherapy, *Natural product communications*, **4, 9**, 1305 (2009).
3. Umezu T. Evaluation of the effects of plant-derived essential oils on central nervous system function using discrete shuttle-type conditioned avoidance response in mice, *Phytotherapy Research.*, **26, 6**, 884 (2012).

4. Mizin V. I., Dudchenko L. Sh., Maslikova G. G. [et al.] The effects of using ultraphonophoresis of CO<sub>2</sub> extract of juniper in patients with chronic obstructive pulmonary disease, *Bulletin of physiotherapy and balneology*, **26**, **1**, 80 (2020).
5. Safronova N. S., Sokolova O. A. The effectiveness of the sanatorium-resort stage of rehabilitation of women with chronic obstructive pulmonary disease depending on the time of year, *Modern medicine: current issues*, **4-5** (**47**), 162 (2016).
6. Narkevich E. N. A new scientific and practical direction of rehabilitation and prevention in pulmonology (review article), *Journal of Siberian Medical Sciences*, **4**, 10. (2009).
7. Ajupova R., Masteiková R., Nejezchlebová M. [et al.] Preparation and evaluation of the oral gel containing the essential oil from Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.), *Ceska a Slovenska Farmacie: Casopis Ceske Farmaceuticke Spolecnosti a Slovenske Farmaceuticke Spolecnosti*, **63**, **3**, 113 (2014).
8. Chuyan E. N., Ravaeva M. Yu. *Scientific and methodological recommendations on the use of controlled respiratory media for the correction of the functional state of a person*, 71 p. (Simferopol, 2008).
9. Kostanova A. V., Dergachev D. S., Subotalov M. A. Therapeutic potential of aromatherapy, *Effective pharmacotherapy*, **17**, **18**, 50 (2021).
10. Basiev Z. G., Basieva O. Z. Aromatherapy in a complex of auxiliary therapeutic measures in patients with bronchial asthma, *Electronic scientific and educational bulletin "Health and education in the XXI"*, **8**, **2**, 69 (2006).
11. Tisserand R., Young R. Essential oil safety. 2nd edition, 800 p. (London: Churchill Livingstone, 2013).
12. Swor K., Poudel A., Rokaya A. [et al.] Foliar essential oil of white fir (*Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr.): Chemical Composition and Enantiomeric Distribution, *Natural Product Communications*, **17**, **3**, 1 (2022).

**УДК 595.76**

**КАТАЛОГ КОЛЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ КАФЕДРЫ ЗООЛОГИИ  
АКАДЕМИИ БИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ ИМ. Д. И. ИВАНОВСКОГО  
ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА. СООБЩЕНИЕ 7. ОТРЯД  
ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ – COLEOPTERA, СЕМЕЙСТВО ЖУЖЕЛИЦЫ –  
CARABIDAE, ПОДСЕМЕЙСТВО NEBRIINAE**

*Кiryushkina O. I., Romanchuk P. B.*

*Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия  
E-mail: kiryushkina@sfedu.ru*

Работа продолжает серию статей, посвящённых описанию таксономического многообразия и каталогизации животных, представленных в фондах музея кафедры зоологии Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета (Зоологического музея ЮФУ). В статье приводится аннотированный каталог жуужелиц подсемейства Nebriinae, содержащий сведения о 278 экземплярах 55 видов из четырёх родов в составе трёх триб. Триба Nebriini представлена 8 видами рода *Leistus* и 39 видами рода *Nebria*. Триба Notiophilini – 7 видами рода *Notiophilus*. Триба Pelophilini в коллекции включает один вид – *Pelophila borealis*. Коллекционные экземпляры небриин были собраны преимущественно в 70–90-х годах XX века в разных регионах бывшего СССР: в России, Казахстане, Узбекистане, Таджикистане, Беларуси, Молдове, Киргизской и Азербайджанской Республиках, Украине, а также Грузии и Республике Абхазия. Коллекция представлена 207 экземплярами из 22 субъектов Российской Федерации, а также 71 экземпляром из 11 зарубежных регионов. В работе приведены результаты актуализации таксономической принадлежности и латинских названий единиц хранения, а также обобщены данные о видовом составе и регионах сбора коллекционного материала. Статья проиллюстрирована таблицами, диаграммами и картами.

**Ключевые слова:** Южный федеральный университет, Зоологический музей, коллекционный фонд, жуужелицы, Carabidae, Nebriinae, каталог.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Составление научных и учебных зоологических коллекций имеет большое значение, так как они позволяют обобщить сведения о видовом составе и географическом распространении исследуемых групп животных. Коллекционные фонды ценятся как среди специалистов, так как могут использоваться в качестве основы для написания научных работ, так и среди преподавателей и студентов учебных заведений, являясь справочной базой и демонстрационным материалом. Каталогизация коллекций позволяет предоставить актуальные данные о таксономическом составе и географическом распределении коллекционного материала для использования широким кругом заинтересованных лиц. В настоящее время идет активная работа по инвентаризации и каталогизации коллекционного фонда Зоологического музея ЮФУ [1–5].

Жужелицы (Carabidae) являются одним из самых разнообразных и многочисленных семейств не только отряда жесткокрылые (Coleoptera), но и среди всех животных в целом. Они населяют широкий круг различных биотопов и распространены во всех наземных экосистемах. По большей части жужелицы – неспециализированные хищники и миксофаги, которые играют значительную роль в регулировании численности беспозвоночных, в том числе сельскохозяйственных вредителей [6]. Растительноядные жужелицы составляют небольшой процент от всего разнообразия Carabidae, однако иногда могут наносить ощутимый ущерб сельскому хозяйству [7]. Представители семейства Carabidae являются важным компонентом природных сообществ, выступая ключевым звеном пищевых цепей, а также играя роль в поддержании гомеостаза и преобразовании органического вещества напочвенного слоя [8]. Жужелицы чувствительны к изменениям условий местообитания, особенно к гидротермическому режиму, и могут выступать в роли биоиндикатора в экологическом мониторинге [6, 9].

Мировая фауна семейства Carabidae включает в себя более 40 000 описанных видов в составе почти 2 200 родов, 89 трибы и 36 подсемейств [10]. О. Л. Крыжановский с соавторами приводят список жужелиц России и прилегающих территорий [11]. Данная работа дает наиболее полный фаунистический список семейства Carabidae для территорий бывшего СССР. Авторами приводится более 3 000 описанных на тот момент видов и подвидов, принадлежащих 219 родам жужелиц. Однако систематика семейства Carabidae часто пересматривается, поэтому часть приведенных видов в настоящее время сведено в синонимы или подвиды, описаны новые виды, а также выделены новые рода и подрода, исходя из чего число таксономических единиц, перечисленных О. Л. Крыжановским с соавторами [11], несколько не соответствует актуальным данным о таксономическом составе семейства [10, 12].

Наиболее полный таксономический список жужелиц России включает 1 970 видов и 770 подвидов из 188 родов, отнесенных к 41 трибе в составе пяти подсемейств [13]. Активно изучалась фауна семейства Carabidae Кавказа. Опубликовано множество работ, описывающих видовой состав и экологию жужелиц Предкавказья и северных склонов Центрального Кавказа [7, 14, 15], Северо-Западного Кавказа [16–18], Главного Кавказского хребта [19] и Восточного Кавказа [6, 8, 20–24]. Довольно хорошо в литературе описана фауна жужелиц Дальнего Востока: Приморского края [25–30], Сахалинской области [31–33] и Хабаровского края [9, 34–38], также имеется каталог жужелиц Хабаровского края в коллекции Хабаровского краевого музея им. Н. И. Гродекова, которая включает 574 экземпляра, относящихся к 117 видам 32 родов [39]. Работы по карабидофауне также имеются для южной части Сибири: Республик Тыва и Алтай [40, 41] и для регионов Средней Азии: Республик Казахстан [42, 43] и Узбекистан [44, 45], Киргизской Республики [46].

Мировая фауна подсемейства Nebriinae насчитывает 848 видов, распределенных по 12 родам шести триб: триба Nebriini Laporte, 1834 (пять родов и 777 видов, в т.ч. род *Nebria* Latreille, 1802 – 512 видов, род *Leistus* Frölich, 1799 – 255 видов), триба Notiophilini Motschulsky, 1850 (60 видов рода *Notiophilus* Duméril,

1805), триба *Opisthiini* Dupuis, 1912 (два рода, пять видов), триба *Cicindini* Csiki, 1927 (два рода, три вида), триба *Pelophilini* Kavanaugh, 1996 (два вида рода *Pelophila* Dejean, 1821), триба *Notiokasiini* Kavanaugh & Nègre, 1983 (один вид – *Notiokasis chaudiiri* Kavanaugh & Nègre, 1983) [10]. Согласно каталогу жуžелиц Палеарктики подсемейство *Nebriinae* включает в себя четыре трибы, 11 родов и более 800 видов, распространенных в этой области [12].

В фауне Российской Федерации подсемейство *Nebriinae* представлено 87 видами из четырех родов, принадлежащим трем трибам: *Nebriini*, *Notiophilini*, *Pelophilini*. На территории России два рода трибы *Nebriini*: род *Leistus* (15 видов) и *Nebria* (54 вида) [13]. Представители данной трибы являются гигрофилами в основном встречаются в горных регионах по берегам рек и ручьев [47]. Триба *Notiophilini* представлена 17 видами рода *Notiophilus* с характерным внешним обликом, встречающимися в лесной подстилке [13, 48]. Триба *Pelophilini* включает один вид – *Pelophila borealis*, который обитает на заболоченных местах в тайге и лесотундре [48].

В работе О. Л. Крыжановского с соавторами небриины рассматриваются как надтрибы *Nebriitae* и *Notiophilitae* в составе подсемейства *Carabinae* и для территорий бывшего СССР суммарно насчитывают 121 вид из четырех родов в составе двух триб [11]. Надтриба *Nebriitae* представлена одной трибой *Nebriini*, включающей 100 видов из трех родов: один вид из рода *Pelophila*, 28 видов из рода *Leistus* и 71 вид из рода *Nebria*. Для надтрибы *Notiophilitae* приводится 21 вид рода *Notiophilus*, включенный в состав трибы *Notiophilini*. В каталоге *Carabidae* Палеарктики для России и территорий бывшего СССР приводится около 140 видов из четырех родов и трех триб подсемейства *Nebriinae* [12]. В трибе *Nebriini* два рода и 114 видов: род *Leistus* – 36 видов, род *Nebria* – 78 видов. Триба *Notiophilini* включает 23 вида рода *Notiophilus*. Триба *Pelophilini* представлена одним видом *Pelophila borealis*.

Для Республики Беларусь приводится 12 видов небриин из четырех родов: в трибе *Nebriini* по три вида родов *Leistus* и *Nebria*, триба *Notiophilini* включает пять видов рода *Notiophilus*, триба *Pelophilini* представлена одним видом *Pelophila borealis* [49, 50]. В фауне *Nebriinae* Украины триба *Nebriini* представлена 18 видами двух родов: восемь видов рода *Leistus* и десять видов рода *Nebria* [47].

По коллекции жуžелиц Зоологического музея ЮФУ опубликован каталог подсемейства скакунов (*Cicindelinae*, *Carabidae*), в котором приведены сведения о 39 видах из шести родов [1]. Коллекция подсемейства *Nebriinae* содержит в себе 55 видов из четырех родов в составе трех триб, что составляет 278 единиц хранения. Аннотированный каталог данной коллекции составляется впервые.

Целью настоящей работы является предоставление актуальных сведений о коллекции *Nebriinae* (*Carabidae*) Зоологического музея ЮФУ в формате аннотированного каталога. Задачи: актуализация таксономической принадлежности экземпляров и невалидных латинских названий, уточнение современных географических данных точек сбора материала, систематизация и обобщение изученного материала.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужила коллекция Nebriinae кафедры зоологии АБиБ ЮФУ. С 2022 года весь коллекционный фонд насекомых хранится в реорганизованном «Зоологическом музее ЮФУ». Значительная часть коллекции содержит определительные этикетки в том числе ведущих специалистов-карабидологов России: И. И. Кабака, И. А. Белоусова, Е. В. Комарова, А. С. Замотайлова, В. Г. Шиленкова. Часть экземпляров снабжена этикетками с невалидными или некорректными латинскими названиями. В процессе обработки материала проводилось уточнение актуальных географических данных регионов сбора, современных латинских названий и принадлежности видов к тем или иным таксонам, а также систематизация материала. Под каждый экземпляр подкальзывалась этикетка из плотной бумаги с текстом «Коллекционный фонд кафедры зоологии АБиБ ЮФУ».

С помощью программного обеспечения Microsoft Excel составлены сводные таблицы и диаграммы, отражающие видовое и географическое разнообразие коллекции. Используя MapChart (<https://www.mapchart.net/index.html>) были построены обобщенные карты регионов сбора коллекционных экземпляров.

Для некоторых указанных на географических этикетках локалитетов на наш взгляд следует дать пояснения, уточняющие место сбора материала:

1. «Авадхара» – Гудаутский район Республики Абхазия;
2. «Адыгейская АО» – в настоящее время Республика Адыгея;
3. «Бурятская АССР» – в настоящее время Республика Бурятия;
4. «Горный Алтай» – Республика Алтай;
5. «Гиссарский хребет, ущелье Ес» – ущелье Ес пересекает границу Республик Узбекистан и Таджикистан и находится на территории обеих стран (в связи с тем, что данных на географической этикетке недостаточно для того, чтобы установить принадлежность данного локалитета Республике Узбекистан или Таджикистан, было принято решение выделить Гиссарский хребет как отдельный регион);
6. «Грузинская ССР, пер. Аишхо-2» – в настоящее время находится в Краснодарском крае на территории Кавказского государственного природного биосферного заповедника (далее – Кавказский ГПБЗ);
7. «Грузинская ССР, пер. Ацетукский» – в настоящее время находится в Гудаутском районе Республики Абхазия;
8. «Грузинская ССР, пер. Дамхурц» – в настоящее время находится в Сухумском районе Республики Абхазия;
9. «Грузинская ССР» – в настоящее время Грузия;
10. «Дагестан» – Республика Дагестан;
11. «Закарпатье» – Украина, Закарпатская область;
12. «Иваново-Франковская обл.» – Украина, Иваново-Франковская область;
13. «Кабардино-Балкария», «Кабардино-Балкарская АССР» – Кабардино-Балкарская Республика;
14. «Кавказский зап., к-н Умпыр» – находится в Краснодарском крае на территории Кавказского ГПБЗ;
15. «Карачаево-Черкессия», «Карачаево-Черкесская АО» – Карачаево-Черкесская Республика;

16. «Краснодарский край, Майкопский р-н, пастбище Абаго» – находится в Республике Адыгея на территории Кавказского ГПБЗ;
  17. «Краснодарский край, Майкопский р-н, р. Белая» – Республика Адыгея, Майкопский р-н, р. Белая<sup>4</sup>
  18. «Краснодарский край, п. Гузерибль» – Республика Адыгея, Майкопский р-н, п. Гузерибль;
  19. «Краснодарский край, п. Никель» – Республика Адыгея, Майкопский р-н, п. Никель;
  20. «Куйбышевская обл.» – в настоящее время субъект переименован в Самарскую область;
  21. «Молдавия» – Республика Молдова;
  22. «Северная Осетия» – Республика Северная Осетия – Алания;
  23. «Тувинская АССР» – в настоящее время Республика Тыва;
- Номенклатура подсемейства *Nebriinae* приводится в соответствии с каталогом *Carabidae* Палеарктики [12].

Сокращенные обозначения, принятые в каталоге:

*Республики, края, области РФ:*

- АДГ – Республика Адыгея;
- АЛТ – Республика Алтай;
- БЕЛ – Белгородская область;
- БУР – Республика Бурятия;
- ДАГ – Республика Дагестан;
- ИРК – Иркутская область;
- КАБ – Кабардино-Балкарская Республика;
- КАЧ – Карачаево-Черкесская Республика;
- КРК – Краснодарский край;
- МРМ – Мурманская область;
- МСК – Московская область;
- НВС – Новосибирская область;
- ПРК – Приморский край;
- РОС – Ростовская область;
- РТВ – Республика Тыва;
- САМ – Самарская область;
- СВР – Свердловская область;
- СОА – Республика Северная Осетия – Алания;
- СТК – Ставропольский край;
- ХАБ – Хабаровский край;
- ЧЕЧ – Чеченская Республика;
- ЧИТ – Читинская область (Забайкальский край).

*Зарубежные регионы:*

- АЗ – Азербайджанская Республика;
- АПШ – Апшеронский район;

ГР – Грузия;  
ГУР – Гурия;  
РЧЛ – Рача-Лечхуми и Квемо-Сванети;  
СВС – Самегрело-Верхняя Сванетия;  
СВН – Сванетия;  
КР – Киргизская Республика;  
ДЖА – Джалал-Абадская область;  
ТАЛ – Таласская область;  
ЧУЙ – Чуйская область;  
РА – Республика Абхазия;  
ГДТ – Гудаутский район;  
СУХ – Сухумский район;  
РБ – Республика Беларусь;  
ГОМ – Гомельская область;  
РК – Республика Казахстан;  
АЛМ – Алматинская область;  
ВКЗ – Восточно-Казахстанская область;  
ТРК – Туркестанская область;  
РМ – Республика Молдова;  
КНТ – Кантемирский район;  
РТ – Республика Таджикистан;  
СГД – Согдийская область;  
РУ – Республика Узбекистан;  
ДЖЗ – Джизакская область;  
ТШК – Ташкентская область;  
УК – Украина;  
ЗКП – Закарпатская область;  
ИВФ – Иваново-Франковская область.

*Сокращения:*

альп. – альпика;  
АО – Автономная область;  
АССР – Автономная Советская Социалистическая Республика;  
б. – берег;  
б/э – без этикетки;  
В, вост., восточ. – восточный;  
верх. – верховье;  
дол. – долина;  
зак.-к – заказник;  
зап., зап.-к., запов., заповедн. – заповедник;  
ЗМ ЮФУ – Зоологический музей ЮФУ;  
корд., к-н – кордон;  
л. – левый;  
лесн. – лесничество;



МНР – Монгольская Народная Республика;  
 н. в. – в настоящее время;  
 н/д – нет данных;  
 о. – остров;  
 обл. – область;  
 оз. – озеро;  
 окр. – окрестности;  
 п. р., пр. р. – приток реки;  
 п., пос. – поселок;  
 пол. – поляна;  
 пр. – правый;  
 р. – река;  
 р-н – район;  
 С – севернее;  
 с. – село;  
 СВ, С-В – северо-восточный, северо-восточнее;  
 сев. – северный;  
 СЗ – северо-западнее;  
 сис. – система;  
 скл. – склон;  
 сл. – слияние;  
 ССР – Советская Социалистическая Республика;  
 ст. – станица;  
 т-б – турбаза;  
 ур. – урочище;  
 ус. – усадьба;  
 уч-к – участок;  
 хр. – хребет;  
 Ю – южный, южнее;  
 ЮВ, Ю-В – юго-восточный, юго-восточнее;  
 ЮЗ, Ю-З – юго-западный, юго-западнее.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Familia **Carabidae** Latreille, 1802  
 Subfamilia **Nebriinae** Laporte, 1834  
 Tribe **Nebriini** Laporte, 1834  
 Genus *Leistus* Frölich, 1799

1. *Leistus (Leistus) denticollis* Reitter, 1887

Материал: Карачаево-Черкессия, Большая Лаба, Аркасара, 20.VI.1999, leg. Арзанов Ю.Г. – 1 экз. (det. Хачиков Э.А.).

2. *Leistus (Leistus) elegans* Rost, 1891

Материал: Кабардино-Балкарская АССР, верх. Малка, р-н горячих источников, 18.VII.1981, leg. Хачиков Э.А. – 1 экз. (det. н/д); Северная Осетия – Кабардино-

Балкария, пер. Штулу, 3000 м, 09.VIII.1992, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Белоусов И. А., как *Leistus elegans* (=osseticus)).

3. *Leistus (Leistus) ferrugineus* Linnaeus, 1758

Материал: Ростовская обл., п. Александровка, Ленинский лесхоз, 17.III.1979, leg. Хачиков Э. А. – 1 экз. (det. Комаров Е. В.); Ростовская обл., ст. Горная, 06.VI.1990, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Комаров Е. В.); Ростовская обл., ст. Раздорская, 20.VI.2003, leg. Пономарев А. В. – 1 экз. (det. н/д); Ростовская обл., окр. ст. Раздорская, 20.VI.2003, leg. Пономарев А. В. – 1 экз. (det. н/д); Ростовская обл., Щепкинский зак.-к, 13–22.V.2006, leg. Рудайков – 1 экз. (det. н/д).

4. *Leistus (Leistus) fulvus* Chaudoir, 1846

Материал: Карачаево-Черкессия, р. Большая Лаба, 5 км выше пос. Курджиново, 800 м, 11.V.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Замотайлов А. С.); Карачаево-Черкессия, Тебердинский заповедник, «Зеленый кордон», VIII.2021, leg. Кирюшкина О. И. – 1 экз. (det. Фоминых Д. Д.); «Краснодар, Кубанская Стазра, 14.VI.1925», leg. н/д – 1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); Краснодарский край, Майкопский р-н, пастбище Абаго, 05.VII.1971, leg. Лукина – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, Майкопский р-н, пос. Никель, прав. Берег р. Балой, 10.VI.1972, leg. Лукина Г. П. – 1 экз. (det. Фомичев А. И., как *Leistus fulvus*, Комаров Е. В., как *Leistus obscurus*); Краснодарский край, Майкопский р-н, п. Никель, 26.VI.1972, leg. Лукина – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, п. Никель, 22.IV.1978, leg. Хачиков Э. А. – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, п. Совет-Квадже, 20.IX.1978, leg. Хачиков Э. А. – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, Майкопский р-н, п. Мезмай, 04.VII.1979, leg. Хачиков Э. А. – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, Никель, Н – 800 м, 18.VI.1989, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, Апшеронский р-н, п. Мезмай, Н – 750 м, 15.VI.1990, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников, как *Leistus obscurus*).

5. *Leistus (Leistus) lenkoranus* Reitter, 1885

Материал: Дагестан, Самурский лес, санаторий, 10.VIII.1992, leg. Абдурахманов – 1 экз. (det. Белоусов И. А.).

6. *Leistus (Leistus) niger* Gebler, 1847

Материал: Горный Алтай, с. Шебалино, 28.VI–11.VII.1991, leg. Матвеев Д. – 1 экз. (det. Комаров Е. В.); б/э (в наличии только определительная этикетка), leg. н/д – 2 экз. (det. Белоусов И. А.).

7. *Leistus (Leistus) piceus* Frölich, 1799

Материал: Закарпатье, окр. с. [Казлицик], Яблонецкий пер., 21.VIII.1987, leg. Эйдельберг – 1 экз. (det. Эйдельберг).

8. *Leistus (Leistus) frater* Reitter, 1897

Материал: б/э (в наличии только определительная этикетка), leg. н/д – 1 экз. (det. Белоусов И. А.).

9. *Leistus (Pogonophorus) tschitscherini* Semenov, 1906

Материал: Хр. Терский-Алатау, ущ. р. Баянкол, 30.VII.1989, leg. Кабак И. И. – 1 экз. (det. Кабак И. И., как *Leistus (Oreoleistus) tschitscherini*); ЮВ Казахстан, хр. Терский-Алатау, близ горы Баскаркара, 2700–3500 м, 16.VI.1990, leg. Комаров Е. В. – 1 экз. (det. Комаров Е. В.).

Genus *Nebria* Latreille, 1802

10. *Nebria (Alpaonebria)* sp.

Материал: Иваново-Франковская обл., с. Яремча, 15.VII.1986, leg. Фомичев А. И. – 3 экз. (det. Фомичев А. И.).

11. *Nebria (Boreonebria) gyllenhali* Schönherr, 1806

Материал: Иркутск, 10.VI.1968, leg. Шиленков В. Г. – 1 экз. (det. Шиленков В. Г.), б/э (в наличии только определительная этикетка), leg. н/д – 2 экз. (det. Белоусов И. А.).

12. *Nebria (Boreonebria) rubrofemorata* Shilenkov, 1975

Материал: Горный Алтай, п. Чемол, 20.VI.1991, leg. Матвеев Д. – 1 экз. (det. Комаров Е. В.).

13. *Nebria (Boreonebria) subdilatata* Motschulsky, 1844

Материал: Приморский край, Спутинский зап. (н. в. Уссурийский зап.), пос. Каменушка, 05.VIII.1972, leg. Шиленков В. Г. – 1 экз. (det. Шиленков В. Г.) (*примечание*: подколота маленькая квадратная этикетка с широкой синей полосой).

14. *Nebria (Boreonebria) suvorovi* Shilenkov, 1976

Материал: Заилийский Алатау, р. Большая Алматинка, пер. Озерный, 3000–3500 м, 22.VI.1990, leg. Комаров Е. В. – 1 экз. (det. Комаров Е. В.); Заилийский Алатау, ущ. р. Горельник, 20.VI.1996, leg. Кабак И. И. – 1 экз. (det. Кабак И. И.).

15. *Nebria (Catonebria) aenea* Gebler, 1825

Материал: Ю-3 Алтай, хр. Проходной белок, 06.VII.1991, leg. Чильдебар С. М. – 1 экз. (det. Кабак И. И.).

16. *Nebria (Catonebria) splendida* Fischer von Waldheim, 1844

Материал: Джунгарский Алатау, ущ. р. Капал, 2300 м, 02.VIII.1984, leg. Кабак И. И. – 1 экз. (det. н/д); Джунгарский Алатау, хр. Кайкан, п. Глиновка, 27.V.1990, leg. Кабак И. И. – 2 экз. (det. Кабак И. И., как *N. aenea splendida*); В Казахстан, Джунгар, 20 км ЮЗ Капал, р. Кора, 1500 м, 31.VII.1993 leg. Третьяков Ю. – 1 экз. (det. н/д); Читинская область, Улетовский р-н, верховье р. Ингода, 29.VI.1981, leg. Пушенко С. – 1 экз. (det. н/д).

17. *Nebria (Catonebria) catenulata* Fischer von Waldheim, 1820

Материал: Южное Приморье, Хасанский район, дол. Сухой Речки, 06.VIII.1997, leg. Бринев А. – 1 экз. (det. н/д); Хабаровский р-н, 40 км Ю-В станция Могды, верх. р. Амгунь, Баджалский хр., 20.VII.1997, leg. Бринев А. – 3 экз. (det. н/д).

18. *Nebria (Catonebria) mellyi* Gebler, 1847

Материал: Ю-3 Алтай, Ивановский хр., 32 км СВ г. Лениногорска (н. в. г. Риддер), 1500 м, 14.VIII.1986, leg. Кабак И. И. – 1 экз. (det. Кабак И. И.); б/э (в наличии только определительная этикетка), leg. н/д – 3 экз. (det. Белоусов И. А.).

19. *Nebria (Eonebria) djakonovi* Semenov et Znojko, 1928

Материал: Сихотэ-Алинь, гора Облачная, 25.VII.1982, leg. Синев – 1 экз. (det. Комаров Е. В.).

20. *Nebria (Eonebria) komarovi* Semenov & Znojko, 1928

Материал: Южное Приморье, Хасанский район, дол. Сухой Речки, 06.VIII.1997, leg. Бринев А. – 1 экз. (det. н/д).

21. *Nebria (Eunebria) grumi* Glasunov, 1902

Материал: ЮВ Казахстан, хр. Терсей-Алатау, близ горы Баскаркара, 2700–3500 м, 16.VI.1990, leg. Комаров Е. В. – 1 экз. (det. Комаров Е. В.).

22. *Nebria (Eunebria) haberhaueri* Heyden, 1889

Материал: Гиссарский хребет, ущелье Ес, 2200 м над уровнем моря, 11–16.VI.1983, leg. Алексеев С. – 1 экз. (det. Комаров Е. В.).

23. *Nebria (Eunebria) kirgistica* Shilenkov, 1982

Материал: Киргизский хр., ущ. Иссык-Ата, 2300–3000 м, 10.V.1990, leg. Кабак И. И. – 1 экз. (det. Кабак И. И.); Киргизский хр., ущ. Иссык-Ата, р. Даратбулак, 2100–2500 м, 22.VI.1991, Комаров Е. В. – 2 экз. (det. Комаров Е. В.).

24. *Nebria (Nebria) tristicula* Reitter, 1888

Материал: Краснодарский край, вост. склон Лаго-Наки, 1600 м, 24.VI.1990, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, т-б «Лаго-Наки», плато Лаго-Наки, 1600 м, 01.VIII.1990, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Замотайлов А. С., как *Nebria kubanensis*); Приэльбрусье, пер. Кыртыкауш, 3200 м, 18.VIII.1992, leg. Гребенников – 4 экз. (det. Белоусов И. А.); Эльбрус, пер. Азау, 2500 м, 20.VIII.1992, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Белоусов И. А., как *N. kubanensis*); Эльбрус, пер. Азау, 3000 м, 20.VIII.1992, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Белоусов И. А., как *N. kubanensis*); Северная Осетия – Кабардино-Балкария, пер. Штулу, 3000 м, 09.VIII.1992, leg. Гребенников – 8 экз. (det. Белоусов И. А., как *N. kubanensis*); Грузия, сев. скл. Лечхумского хр., выше п. Шкеды, 3000 м, 26.VII.1985, leg. Белоусов И. А. – 1 экз. (det. Комаров Е. В., как *N. cubanensis*).

25. *Nebria (Eunebria) limbiger* Solsky, 1874

Материал: Заилийский Алатау, ущ. р. Большая Алматинка, 2000 м, 22.VI.1990, leg. Комаров Е. В. – 1 экз. (det. Комаров Е. В.); Заилийский Алатау, р. Большая Алматинка, пер. Озерный, 3000–3500 м, 22.VI.1990, leg. Комаров Е. В. – 2 экз. (det. Комаров Е. В.); Заилийский Алатау, Алма-Атинский зап.-к., Пр. Талгар, VI.1988, leg. Кабак И. И. – 2 экз. (det. Кабак И. И.); Киргизия, 60 км Ю г. Фрунзе (н. в. г. Бишкек), ущ. р. Иссык-Ата, h=2500 м, 13.VII.1989, leg. Кравец А. – 1 экз. (det. н/д); Таджикистан, Фанские горы, р. Сарымат, Газа, 1300 м, 25.IV.1992, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д).

26. *Nebria (Eunebria) mniszecii* Chaudoir, 1854

Материал: Чечено-Ингушская АССР, сев. отроги Бокового хр., Ю с. Ведучи, 1600 м н.у.м., 14–16.VI.1986, leg. Комаров Е. В. – 1 экз. (det. Комаров Е. В.); Северо-Осетинский зап., ущ. Цей, 1750 м, 07.VII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Северо-Осетинский зап., корд. Цей, 1750 м, 07.VII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Северо-Осетинский заповедн., корд. Цей, 1750 м, 10.VIII.1991, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Гребенников); Центральный Кавказ, п. Верхняя Балкария, 10.VIII.1992, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Белоусов И. А.); Балкария, Безенги, Думала, 2800 м, 11.VIII.1992, leg. Гребенников – 3 экз. (det. н/д); Балкария, ист. р. Чегем, 14.VIII.1992, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Белоусов И. А.).

27. *Nebria (Eunebria) nigerrima* Chaudoir, 1846

Материал: Краснодарский край, т-б «Лаго-Наки», плато Лаго-Наки, 1600 м, 01.VIII.1990, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Замотайлов А. С.); Краснодарский край,

восточ. склон плато Лаго-Наки, 1700 м, 22.VI.1990, leg. Арзанов Ю. Г. – 1 экз. (det. н/д); Северо-Осетинский запов., 5 км Ю п. Холст, 2500 м, 14.VIII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Северо-Осетинский заповедн., р. Сказдон, 2200 м, 07.VIII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Северо-Осетинский запов., р. Унал, 1500 м, 03.VIII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Карачаево-Черкессия, сл. р. Большая Лаба и Закан, 1200 м, 09.V.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Карачаево-Черкессия, верх. р. Большая Лаба, слияние с р. Санчаро, 24.VII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Карачаево-Черкессия, басс. р. Большая Лаба, 1700 м, верх. р. Кислая (сев. пр. р. Санчара), 25.VII.1991, leg. Гребенников В. – 1 экз. (det. Замотайлов А. С.); Карачаево-Черкессия, 5 км В п. Б. Мара, ур. Гумбаши, р. Баба, 2000 м, 02.IX.1991, leg. Гребенников – 2 экз. (det. н/д); Карачаево-Черкессия, хр. Морг-Сырты, пер. Чигордали, 2500 м, 22.VI.1992, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Белоусов И. А.); Карачаево-Черкессия, пер. А[ли]бек, 2700 м, 26.VI.1992, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Карачаево-Черкессия, 17 км СЗ п. Архыз, ущ. Чилик, Н – 1750 м, 14.VIII.1999, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Центральный Кавказский хребет, 15 км С Псху (Абхазия), пер. Адзапш, 2500 м, 27.VII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д).

28. *Nebria (Eunebria) perlonga* Heyden, 1885

Материал: Ю скл. Таласского Алатау, л. б. р. Каракульджа, 2500–3000 м, Ю пер. Бешкуль, leg. Кабак И. И. – 1 экз. (det. Кабак И. И.).

29. *Nebria (Eunebria) picicornis* Fabricius, 1801

Материал: Краснодарский край, Майкопский р-н, окр. р. Белая, пос. Никель, 12.VI.1971, leg. Лукина – 1 экз. (det. Шиленков В. Г.; Фомичев А. И.); Краснодарский край, Майкопский р-н, б. р. Белая 17.VI.1971, leg. Лукина Г. П. – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, п. Мезмай, 05.VIII.1990, leg. Тумаренко А. – 1 экз. (det. н/д) (*примечание*: определительная этикетка с вопросительным знаком); Краснодарский край, Горячеключевский р-н, Фанагорийское, 30.V.1991, leg. [Азранов] – 1 экз. (det. Гребенников); Краснодарский край, Майкопский р-н, п. Никель, пр. б. р. Белой, 600 м, 14.VI.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, Отрадненский р-н, галечник р. Уруп, возле п. Ильич, Н – 600 м, 17.IX.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Краснодарский край, п. Никель, 20.VI.1992, leg. Карелин А. – 1 экз. (det. н/д); Адыгейская АО, пос. Никель, 04.VI.1972, leg. Лукина Г. П. – 2 экз. (det. н/д); Карачаево-Черкессия, Даусуз, Н – 1300 м, лиственный лес, 28.VIII.1989, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Замотайлов А. С.); Карачаево-Черкессия, р. Большой Зеленчук, ст. Исправная, 500 м, 13.IX.1991, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Гребенников).

30. *Nebria (Eunebria) psammophila* Solsky, 1874

Материал: Фергана, р-н Арслан-Ба[п], 04.V.1977, leg. Алексеев – 2 экз. (det. Комаров Е. В.); Хр. Каратау, окр. г. Джизак, 14.IV.1989, leg. Кабак И. И. – 2 экз. (det. Кабак И. И.); С-В Узбекистан, г. Газалкент, сл. р. Аксагата, п. р. [А]дреката, 1600 м, 24.IV.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Комаров Е. В.); С-В Узбекистан, окр. г. Бричмулла, сл. р. Акбулак и Чаткал, 1400 м, 01.V.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Зеравшанский хребет, ущелье реки Чапдара, 22.VI.1983, leg. Алексеев С. –

1 экз. (det. н/д); Таджикистан, р. Шинг, Маргузорское оз., 1500 м, 22.IV.1992, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Белоусов И. А.).

31. *Nebria (Eunebria) talassica* Shilenkov, 1982

Материал: [А-Джабил] (зап. Аксу-Джабаглы), Улькен-Каинды, 2200 м, 15.VIII.1988, leg. Кабак И. И. – 1 экз. (det. Кабак И. И.).

32. *Nebria (Nebria) bonellii* M. F. Adams, 1817

Материал: Кабардино-Балкарская АССР, Тырнауз, 23.VIII.1975, leg. Фомичев А. И. – 3 экз. (det. Гребенников, как *N. (Alpaeus) bonellii*); Кабардино-Балкарская АССР, Приэльбрусье, VIII.1975, leg. [неразборчиво] Н. Г. – 1 экз. (det. Фомичев А. И.); Кабардино-Балкарская АССР, 100 км ЮЗ от Нальчика, сосновый лес, 2050 м, 20.VII.1989, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Гребенников, как *N. (Alpaeus) bonellii*); Карачаево-Черкессия, 14 км СЗ п. Архыз, оз. Кяфар, Н – 2400 м, 18.VIII.1990, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Гребенников, как *N. (Alpaeus) bonellii*); Карачаево-Черкессия, верх. р. Большая Лаба, исток р. Кислая, 1700 м, 25.VII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Карачаево-Черкессия, басс. р. Большая Лаба, верх. р. Кислая, 2 км С пер. Адзапш, 1700 м, 25.VII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Карачаево-Черкессия, р. Маруха – Аксаут, VII.1991, leg. Неркевич – 2 экз. (det. н/д); Russia, Karachaevo-Cherkessia, N slopes of Main Caucasus Mt.R., near Klukhor lake., right bank of Severnyi Klukhor riv., h=2480 N43°15' E41°50', 15–24.VII.2020, leg. Khachikov E. A. – 1 экз. (det. Khachikov E. A.); Краснодарский край, Майкопский р-н, пастбище Абаго, 21.VI.1972, leg. Лукина – 5 экз. (det. Шиленков В. Г.); Краснодарский край, Главный Кавказский хребет, VII.1977, leg. Фомичев А. И. – 1 экз. (det. н/д); Р-н Красной Поляны, гора Ачишхо, 1000 м, 17.VI.1980, leg. [Иловлев] – 2 экз. (det. н/д); Краснодарский край, пастб. Лаго-Наки, 12.VII.1981, leg. Ивлиев П. П. – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, т-б «Лаго-Наки», плато Лаго-Наки, 1600 м, 24.VI.1990, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Гребенников, как *N. (Alpaeus) bonellii*); Краснодарский край, Лаго-Наки, 1600 м, 1–06.VIII.1990, leg. Гребенников – 4 экз. (det. Гребенников, *N. (Alpaeus) bonellii*); Грузинская ССР, пер. Дамхурц, VIII.1972, leg. Путятин О. Н. – 2 экз. (det. н/д); Грузинская ССР, пер. Аишхо-2, VIII.1972, leg. Путятин О. Н. – 4 экз. (det. н/д); Грузинская ССР, пер. Ацетукский, VIII.1972, leg. Путятин О. Н. – 3 экз. (det. н/д); Грузия, Сванетия, ущ. Накра, 2700 м, 15.VII.1973, leg. Фомичев А. И. – 1 экз. (det. н/д); Центральный Кавказский хребет, 15 км С п. Псху (Абхазия), пер. Адзапш, 2[5]00 м, 27.VII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Авадхара, окр. горы Аджара, 30.VII.2000, leg. Арзанов Ю. Г. – 2 экз. (det. н/д).

33. *Nebria (Nebria) bonellii heinziana* Shilenkov, 1983

Материал: Карачаево-Черкессия, хр. Морг-Сырты, пер. Чигордали, 2500 м, 22.VI.1992, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Грузия, Махарадзе (н. в. г. Озургети), Гомисмта, альп., 2500 м, 11.VIII.1987, leg. Белоусов И. А. – 1 экз. (det. Белоусов И. А.).

34. *Nebria (Nebria) brevicollis* Fabricius, 1792

Материал: «Краснодар, сад, Кубанская Стазра, 29.III.1925», leg. н/д – 1 экз. (det. н/д); «Краснодар, сад, Кубанская Стазра, 21.V.1925», leg. н/д – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, Майкопский р-н, п. Никель, 14.VI.1971, leg. [Лукина Г. О.] –

1 экз. (det. Шиленков В. Г., Фомичев А. И.); Краснодарский край, Апшеронский р-н, пос. Мезмай, 09.VI.1983, leg. Бобрик О. – 1 экз. (det. н/д).

35. *Nebria (Nebria) commixta* Chaudoir, 1850

Материал: Карачаево-Черкессия, 17 км СЗ п. Архыз, ущ. Чилик Н – 1750–1800, 14.VIII.1990, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Гребенников, как *N. (Alpaeus) commixta*); Карачаево-Черкессия, 14 км. СЗ п. Архыз, оз. Кяфар, Н – 2400, 15.VIII.1990, leg. Гребенников – 3 экз. (det. Белоусов И. А., как *N. (Alpaeus) commixta*; Гребенников, *N. (Alpaeus) commixta*); Карачаево-Черкессия, 14 км. СЗ п. Архыз, оз. Кяфар, Н – 1800, 15.VIII.1990, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников, как *N. (Alpaeus) commixta*); Карачаево-Черкессия, басс. р. Большая Лаба, верх. р. Кислая, 2 км С пер. Адзапш, 1700 м, 25.VII.1991, leg. Гребенников – 2 экз. (det. н/д); Карачаево-Черкессия, хр. Морг-Сырты, пер. Чигордали, 2500 м, 22.VI.1992, leg. Гребенников – 3 экз. (det. Белоусов И. А.); Карачаево-Черкессия, окр. г. Загедан, пещера Сверхглубокая, 10.V.2007, leg. Евсюков А. П. – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, т-б «Лаго-Наки», плато Лаго-Наки, 1600 м, 24–25.VI.1990, leg. Гребенников – 4 экз. (det. Замотайлов А. С., как *Nebria commixta* ав. *lederi* Reitter); Грузинская ССР, пер. Ацетукский, VIII.1972, leg. Путятин О. Н. – 1 экз. (det. Шиленков В. Г., как *Nebria lederi*) (*примечание*: определительная этикетка перечеркнута); Главный Кавказский хребет, 15 км С п. Псху (Абхазия), пер. Адзапш, 2500 м, 27.VII.1991, leg. Гребенников – 2 экз. (det. Замотайлов А. С.).

36. *Nebria (Nebria) fischeri* Faldermann, 1836

Материал: Грузия, Махарадзе (н. в. г. Озургети), Гомисмта, альп., 2500 м, 11.VIII.1987, leg. Белоусов И. А. – 2 экз. (det. Белоусов И. А.).

37. *Nebria (Nebria) patruelis* Chaudoir, 1846

Материал: Грузия, Мегрелия, гора Асхи, 14.VII.1990, leg. Белоусов И. А. – 2 экз. (det. Белоусов И. А.).

38. *Nebria (Nebria) retrospinosa* Heyden, 1885

Материал: Карачаево-Черкессия, басс. р. Большая Лаба, верх. р. Кислая, 2 км С пер. Адзапш, 1700 м, 25.VII.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Замотайлов А. С.); Карачаево-Черкессия, Архыз, София, leg. н/д – 1 экз. (det. Комаров Е. В., как *N. (Alpaeus) retrospinosa*); Краснодарский край, т-б «Лаго-Наки», плато Лаго-Наки, 1600 м, 01.VIII.1990, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников, как *N. (Alpaeus) retrospinosa*).

39. *Nebria (Nebria) tenella* Motschulsky, 1850

Материал: Карачаево-Черкесская АО, п. Архыз, 20.V.1990, leg. [Шеронов] – 1 экз. (det. Комаров Е. В., как *N. (Alpaeus) tenella*); Краснодарский край, т-б «Лаго-Наки», плато Лаго-Наки, 1600 м, 01.VIII.1990, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Замотайлов А. С.).

40. *Nebria (Nebria) viridipennis* Reitter, 1885

*Примечание*: *Nebria barbimentosa* Shilenkov, 1983 согласно номенклатуре каталога Carabidae Палеарктики является синонимом для *N. viridipennis* [12].

Материал: Карачаево-Черкессия, С пер. Клухор, 2200 м, 27.VI.1992, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Белоусов И. А., как *Nebria barbimentosa*).

41. *Nebria (Paranebria) livida* Linnaeus, 1758

Материал: Куйбышевская обл., берег р. Уса, 20.VIII.1973, leg. Тилли – 1 экз. (det. [неразборчиво]); Куйбышевская обл., г. Тольятти VIII.1973, leg. Ломакин В. И. – 2 экз. (det. н/д); Свердловская область Верхняя Салда, 05.VI.1982, leg. Козырев – 3 экз. (det. Комаров Е. В.).

42. *Nebria (Pseudonebriola) saurica* Schilkenov, 1976

Материал: В. Казахстан, хр. Саур, 20 км Ю Зайсан, В пос. Чурчугсу [неразборчиво], 2700 м, 09.VI.1989, leg. Кабак И.И. – 1 экз. (det. Кабак И.И., как *N. (Boreonebria) saurica*).

43. *Nebria (Pseudonebriola) subaerea* Bänninger, 1921

Материал: Терской Алатау, сис. Коркара, верх. р. Кок-сар [неразборчиво], 3600 м, 22.VII.1989, leg. Кабак И. И. – 2 экз. (det. Кабак И. И., как *N. (Boreonebria) subaerea* Breit); Хр. Терский Алатау, ущ. р. Баянкол, 30.VII.1990, leg. Кабак И. И. – 1 экз. (det. Кабак И. И., как *N. (Boreonebria) subaerea* Breit).

44. *Nebria (Pseudonebriola) tyschkanica* Kryzhanovskij & Shilkenov, 1976

Материал: Ю-В Джунгар, хр. Тышкантау, верх. р. Тышкан, 3100 м, 02.VII.1990, leg. Кабак И. И. – 1 экз. (det. Кабак И. И., как *N. (Boreonebria) tyschkanica*); Ю-В Джунгарский Алатау, хр. Музтау, 1900–2000 м, 11.VII.1990, leg. Кабак И. И. – 2 экз. (det. Кабак И. И., как *N. (Boreonebria) tyschkanica*).

45. *Nebria (Reductonebria) ochotica* R. F. Sahlberg, 1844

Материал: Приморский край, Спутинский зап. (н. в. Уссурийский зап.), пос. Каменушка, 05.VIII.1972, leg. Шиленков В. Г. – 1 экз. (det. Шиленков В. Г.) (*примечание*: подколота маленькая квадратная этикетка с широкой синей полосой).

46. *Nebria (Reductonebria) ochotica altaica* Gebler, 1847

Материал: Тувинская АССР, граница с МНР, п. Шурмак, 05.VII.1973, leg. Коротяев Б. – 1 экз. (det. Шиленков В. Г., как *Nebria altaica*).

47. *Nebria anetoza* Shilkenov

*Примечание*: в каталоге Carabidae Палеарктики не приводится [12].

Материал: Северная Осетия – Кабардино-Балкария, пер. Штулу, 3000 м, 02.VIII.1992, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Белоусов И. А.).

48. *Nebria* sp.

Материал: Приморье, Хасанский р-н, Барабаш, 29.VII.1989, leg. [Наполов] – 3 экз. (det. н/д); Карачаево-Черкессия, окр. п. Загедан, 10.VII.2007, leg. Евсюков – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, п. Гузерибль, 800 м, 03.VII.1991, leg. Гребенников В. – 1 экз. (det. н/д); Ю-В Дагестан, ущ. р. Лалаам, 23–25.VII.1997, leg. Касаткин Д. Г. – 1 экз. (det. н/д).

Триба Notiophilini Motschulsky, 1850

Род *Notiophilus* Duméril, 1805

49. *Notiophilus aquaticus* Linnaeus, 1758

Материал: Краснодарский край, вост. склон плато Лаго-Наки, Н – 1600, 08.VII.1990, leg. Радченко – 1 экз. (det. Гребенников); Кабардино-Балкарская АССР, верх. Малка, р-н горячих источников, 18.VII.1981, leg. Хачиков Э. А. – 1 экз. (det. Гребенников, как *Notiophilus palustris*, Комаров Е. В., как *Notiophilus aquaticus*); Кабардино-Балкария, верх. р. Малка, 25.V.1998, leg. Наркевич А. И. – 1 экз. (det.



Кирюшкина О. И.); Бурятская АССР, Кабанский р-н, г. Бабушкин, 27.VIII.1971, leg. Лукина – 1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); Новосибирск, 1987, leg. Мурашов – 1 экз. (det. Гребенников, как *Notiophilus palustris*, Комаров Е. В., как *Notiophilus aquaticus*); Белорусская ССР, Гомельская обл., п. Новая Гребля, 24.VI.1986, leg. Арзанов Ю. Г. – 1 экз. (det. Гребенников); Белорусская ССР, Гомельский р-н, п. Новая Гребля, 20.VIII.1986, leg. Арзанов Ю. Г. – 1 экз. (det. Гребенников); Азербайджан, Килязи, Апшерон, 22.V.1985, leg. н/д – 2 экз. (det. Кирюшкина О. И.).

50. *Notiophilus biguttatus* Fabricius, 1779

Материал: Краснодарский край, вост. склон Лаго-Наки, Н – 1600 м, 24.VI.1990, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); г. Ростов-на-Дону, 10.VI.1989, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); г. Кисловодск, под камнем, 04.IV.1982, leg. Арзанов Ю. Г. – 1 экз. (det. Фомичев А. И., как *N. palustris*, Гребенников, как *N. biguttatus*); Московская обл., Щелковский р-н, ус. Алмазово, 15.V.1984, leg. Руденко – 1 экз. (det. Гребенников); Адыгейская АО, пос. Никель, 26.VI.1972, leg. Лукина Г. П. – 1 экз. (det. Фомичев А. И.); Карачаево-Черкессия, 5 км В п. Б. Мара, ур. Гумбаши, р. Баба, 2000 м, 02.IX.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Карачаево-Черкессия, окр. Архыз, пер. Чигордали, 2500 м, 22.VI.1992, leg. Гребенников – 3 экз. (det. Гребенников).

51. *Notiophilus germinyi* Fauvel, 1863

Примечание: согласно номенклатуре каталога Carabidae Палеарктики *Notiophilus hypocrita* Putzeys, 1866 является синонимом для *Notiophilus germinyi* Fauvel, 1863 [12].

Материал: Ростовская обл., х. Недвиговка, VI.1971, leg. Фомичев А. И. – 1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); Ростовская обл., х. Недвиговка, VII.1974, leg. Арзанова – 1 экз. (det. Гребенников, как *Notiophilus hypocrite*, Комаров Е. В., как *Notiophilus hypocrita*, верифицировано: Кирюшкина О. И.); Ростовская обл., п. Александровка, Ленинский лесхоз, 07.III.1979, leg. Хачиков Э. А. – 1 экз. (det. Гребенников, как *Notiophilus hypocrita*, верифицировано: Кирюшкина О. И.); Запов. Ростовский, Стариковский уч-к, пастбище, плакор, 06.X.2002, leg. Пришутова З. Г. – 2 экз. (det. Кирюшкина О. И.); Ростовская обл., г. Новочеркасск, парк, 08.VIII.2003, leg. Пришутова З. Г. – 1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); Ростовская обл., Белокалитвенский р-н, Сарвилинский карьер, 16.IV.2005, leg. Арзанов Ю. Г. – 1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); «Краснодар, сады, Кубанская Стазра, 06.X.1925», leg. н/д – 1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); Ставропольский край, г. Железноводск, степь, 10.X.1982, leg. Изюмов А. П. – 1 экз. (det. Изюмов А. П., как *Notiophilus hypocrita*, верифицировано: Кирюшкина О. И.).

52. *Notiophilus laticollis* Chaudoir, 1850

Материал: Краснодарский край, Ходжог, п. Никель, Н – 800 м, 16–18.VI.1989, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Краснодарский край, Адыгейская АО, п. Никель, Н – 700 м, 01.VII.1990, leg. Радченко – 1 экз. (det. Гребенников); Ростовская обл., бер. Азовского моря, 05.IV.1970, leg. Фомичев А. И. – 1 экз. (det. Фомичев А. И., как *Notiophilus palustris*, Кирюшкина О. И., как *N. laticollis*); Ростовская обл., х. Недвиговка, 22.VI.1971, leg. Чернышкова Н. А. – 1 экз. (det. Гребенников); Ростовская обл., ст. Раздорская, 20.VI.2003, leg. Пономарев А. В. –

1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); Абхазия, Ачибах, 400 м, 01.V.1990, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников).

53. *Notiophilus palustris* Duftschmid, 1812

Материал: Карачаево-Черкессия, сл. р. Большая Лаба и Закан, 1200 м, 09.V.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Ростовская обл., Сальский р-н, п. Екатериновка, 7–20.VII.1999, leg. Королевский С. – 1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); г. Ростов-на-Дону, лесополоса на левом берегу р. Дон, 05.IV.2006, leg. Хисаметдинова Д. Д., Евсюков А. П. – 4 экз. (det. Кирюшкина О. И.); г. Ростов-на-Дону, о. Зеленый, 16.IV.2006, leg. Бортников Е. – 2 экз. (det. Кирюшкина О. И.); г. Ростов-на-Дону, Стройгородок, 16–26.III.2007, leg. Рудайков А. Е. – 1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, парк Островского, 07.V.2007, leg. Лобанов В. В. – 1 экз. (det. Кирюшкина О. И.); Новосибирск, 1987, leg. Мурашов – 1 экз. (det. Гребенников, верифицировано: Кирюшкина О. И.).

54. *Notiophilus rufipes* Curtis, 1829

Материал: Краснодарский край, Камышанова пол., лес, 08.VI.1985, leg. Утянская – 1 экз. (det. Утянская, как *Notiophilus laticollis*, Кирюшкина О. И., как *N. rufipes*); Краснодарский край, Майкопский р-н, пр. б. р. Белой, п. Никель, 500 м 16.VI.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. н/д); Краснодарский край, ст. Убинская, гора Собер-Баш, 18.VI.1991, leg. Абрамов – 1 экз. (det. Гребенников); Ставропольский край, г. Железноводск, лес, 30.VI.1983, leg. Изюмов А. П. – 1 экз. (det. Изюмов А. П., как *Notiophilus palustris*, Кирюшкина О. И., как *N. rufipes*); Адыгейская АО, пос. Никель, 04.VI.1972 leg. Лукина Г. П. – 1 экз. (det. Фомичев А. И.); Карачаево-Черкессия, сл. р. Большая Лаба и Закан, 1200 м, 09.V.1991, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Гребенников); Кавказский зап., к-н Умпырь, 1050 м, 15.VI.1992, leg. Гребенников – 1 экз. (det. Белоусов И.А.); Молдавия, Кантемировский р-н, с. Кочулия, [лесн.], 20.[V].1986, leg. Эйдельберг – 2 экз. (det. Эйдельберг).

55. *Notiophilus sublaevis* Solsky, 1873

Материал: С-В Узбекистан, окр. г. Газалкент, сл. р. Аксагата и Нуреката, 1400 м, 28.IV.1991 leg. Гребенников – 1 экз. (det. Кабак И. И.).

Триба Pelophilini Kavanaugh, 1996

Род *Pelophila* Dejean, 1821

56. *Pelophila borealis* Paykull, 1790

Материал: Мурманская область, Кандалакша, Алакурта, 04.V.1980 leg. Белоусов И. А. – 1 экз. (det. Белоусов И. А.).

По состоянию на первый квартал 2023 года коллекция подсемейства Nebriinae (Carabidae) кафедры зоологии АБиБ ЮФУ насчитывает 55 видов из четырех родов, принадлежащих трем трибам (табл. 1). Общее количество коллекционных экземпляров составляет 278 за исключением восьми экземпляров, у которых отсутствуют географические этикетки, поэтому они не были учтены в данном каталоге.

Таблица 1

Сводная таблица по разным таксонам *Nebriinae*

Таксон	Число видов	Количество экземпляров
Триба <i>Nebriini</i>	47	223
Род <i>Leistus</i>	8	24
Род <i>Nebria</i>	39	199
Триба <i>Notiophilini</i>	7	54
Род <i>Notiophilus</i>	7	54
Триба <i>Pelophilini</i>	1	1
Род <i>Pelophila</i>	1	1
Всего	55	278

Доминирующим по видовому разнообразию родом в коллекции является род *Nebria* из трибы *Nebriini*, который представлен 39 видами, что составляет 70,9 % от общего числа видов (Рис. 1). В целом триба *Nebriini* представлена наиболее хорошо и содержит 47 видов из родов *Nebria* и *Leistus* (табл. 1), что эквивалентно 85,4 % от совокупного разнообразия коллекции небриин кафедры зоологии АБиБ ЮФУ (Рис. 1). Триба *Notiophilini* представлена семью видами, принадлежащими одному роду *Notiophilus*, и составляет 12,7% от видового разнообразия коллекции (Рис. 1). Триба *Pelophilini* представлена всего одним экземпляром вида *Pelophila borealis*, что является 1,8 % от видового разнообразия и 0,4 % от общего количества коллекционных экземпляров (Рис. 1, 2). По количеству экземпляров также заметно преобладает род *Nebria* – 199 экземпляров (71,6 %) (Рис. 2).

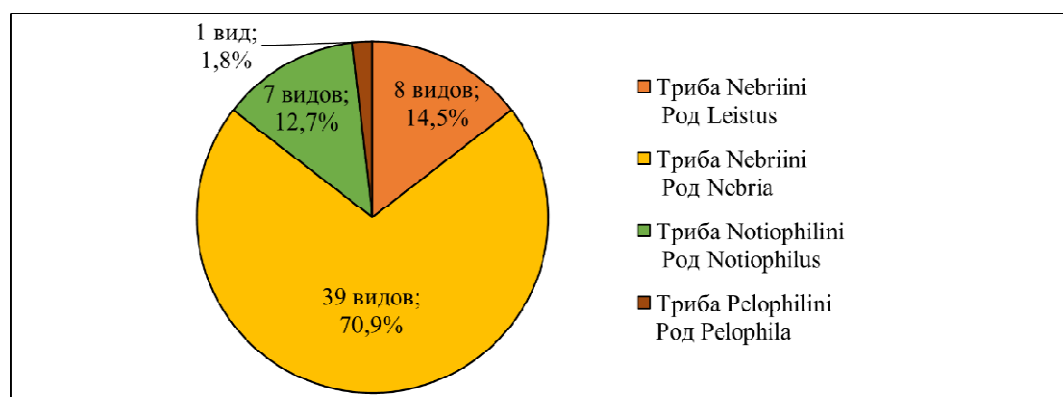


Рис. 1. Соотношение числа видов небриин по родам.

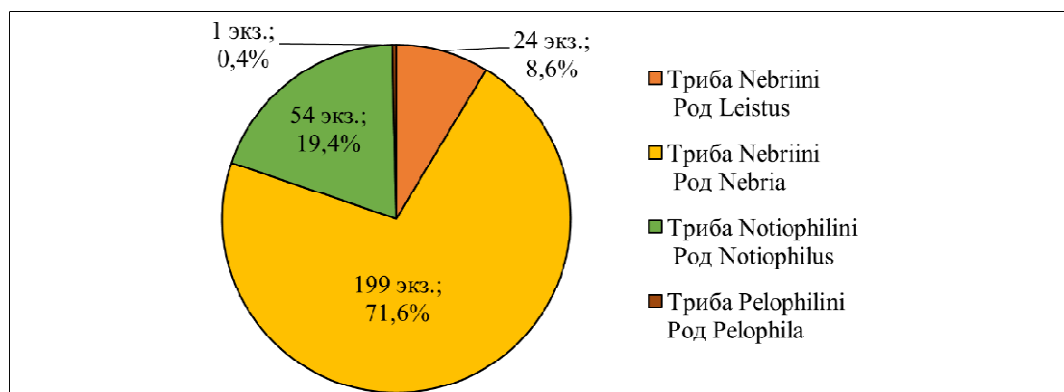


Рис. 2. Соотношение количества экземпляров небриин по родам.

В целом большую часть коллекции формирует триба Nebriini, суммарно состоящая из 223 коллекционных экземпляров, принадлежащим к родам *Nebria* и *Leistus*, что соответствует 80,2 %. Триба Notiophilini по количеству экземпляров занимает в коллекции больший процент, чем по видовому разнообразию и представлена 54 видами, что составляет 19,4 %. Экземпляры, находящиеся в коллекции ЗМ ЮФУ, были собраны преимущественно в 70–90-х годах XX века на разных территориях бывшего СССР: в России, Казахстане, Узбекистане, Таджикистане, Беларуси, Молдове, Киргизской и Азербайджанской Республиках, Украине, а также Грузии и Республике Абхазия (табл. 2).

Таблица 2

## Обобщенный каталог подсемейства Nebriinae коллекции ЗМ ЮФУ

Таксон	Регион	Кол-во экз.
Триба Nebriini		223
Род <i>Leistus</i>		24
<i>Leistus (Leistus) denticollis</i>	РФ: КАЧ	1
<i>Leistus (Leistus) elegans</i>	РФ: КАБ, СОА	2
<i>Leistus (Leistus) ferrugineus</i>	РФ: РОС	5
<i>Leistus (Leistus) fulvus</i>	РФ: АДГ, КАЧ, КРК	11
<i>Leistus (Leistus) lenkoranus</i>	РФ: ДАГ	1
<i>Leistus (Leistus) niger</i>	РФ: АЛТ	1
<i>Leistus (Leistus) piceus</i>	УК: ЗКП	1
<i>Leistus (Pogonophorus) tschitscherini</i>	РК: АЛМ	2
Род <i>Nebria</i>		199
<i>Nebria (Alpaonebria) sp.</i>	УК: ИВФ	3
<i>Nebria (Boreonebria) gyllenhali</i>	РФ: ИРК	1

<i>Nebria (Boreonebria) rubrofemorata</i>	РФ: АЛТ	1
<i>Nebria (Boreonebria) subdilata</i>	РФ: ПРК	1
<i>Nebria (Boreonebria) suvorovi</i>	РК: АЛМ	2
<i>Nebria (Catonebria) aenea</i>	РК: ВКЗ	1
<i>Nebria (Catonebria) catenulata</i>	РФ: ПРК, ХАБ	4
<i>Nebria (Catonebria) mellyi</i>	РК: ВКЗ	1
<i>Nebria (Catonebria) splendida</i>	РФ: ЧИТ; РК: АЛМ	5
<i>Nebria (Eonebria) djakonovi</i>	РФ: ПРК	1
<i>Nebria (Eonebria) komarovi</i>	РФ: ПРК	1
<i>Nebria (Eunebria) grumi</i>	РК: АЛМ	1
<i>Nebria (Eunebria) haberhaueri</i>	Гиссарский хребет	1
<i>Nebria (Eunebria) kirgisisca</i>	КР: ЧУЙ	3
<i>Nebria (Eunebria) limbiger</i>	КР: ЧУЙ; РК: АЛМ; РТ: СГД	7
<i>Nebria (Eunebria) mniszzechii</i>	РФ: КАБ, СОА, ЧЕЧ	12
<i>Nebria (Eunebria) nigerrima</i>	РФ: КАЧ, КРК, СОА; РА: СУХ	15
<i>Nebria (Eunebria) perlonga</i>	КР: ТАЛ	1
<i>Nebria (Eunebria) picicornis</i>	РФ: АДГ, КАЧ, КРК	13
<i>Nebria (Eunebria) psammophila</i>	КР: ДЖА; РТ: СГД; РУ: ТШК	9
<i>Nebria (Eunebria) talassica</i>	РК: ТРК	1
<i>Nebria (Nebria) bonellii</i>	РФ: АДГ, КАБ, КАЧ, КРК; ГР: СВС; РА: ГДТ, СУХ	41
<i>Nebria (Nebria) bonellii heinziana</i>	РФ: КАЧ; ГР: ГУР	2
<i>Nebria (Nebria) brevicollis</i>	РФ: АДГ, КРК	4
<i>Nebria (Nebria) commixta</i>	РФ: КАЧ, КРК; РА: ГДТ, СУХ	19
<i>Nebria (Nebria) fischeri</i>	ГР: ГУР	2
<i>Nebria (Nebria) patruelis</i>	ГР: СВС	2
<i>Nebria (Nebria) retrospinosa</i>	РФ: КАЧ, КРК	3
<i>Nebria (Nebria) tenella</i>	РФ: КАЧ, КРК	2
<i>Nebria (Nebria) tristicula</i>	РФ: КАБ, КАЧ, КРК, СОА; ГР: РЧЛ	17
<i>Nebria (Nebria) viridipennis</i>	РФ: КАЧ	1
<i>Nebria (Paranebria) livida</i>	РФ: САМ, СВР	6
<i>Nebria (Pseudonebriola) saurica</i>	РК: ВКЗ	1

<i>Nebria (Pseudonebriola) subaerea</i>	РК: АЛМ	3
<i>Nebria (Pseudonebriola) tyschkanica</i>	РК: АЛМ	3
<i>Nebria (Reductonebria) ochotica</i>	РФ: ПРК	1
<i>Nebria (Reductonebria) ochotica altaica</i>	РФ: РТВ	1
<i>Nebria anemoza</i>	РФ: КАБ, СОА	1
<i>Nebria</i> sp.	РФ: АДГ, ДАГ, КАЧ, ПРК	6
Триба Notiophilini		54
Род <i>Notiophilus</i>		54
<i>Notiophilus aquaticus</i>	РФ: БУР, КАБ, КРК, НВС; АЗ: АПШ; РБ: ГОМ	9
<i>Notiophilus biguttatus</i>	РФ: АДГ, КАЧ, КРК, МСК, РОС, СТК	9
<i>Notiophilus germinyi</i>	РФ: КРК, РОС, СТК	9
<i>Notiophilus laticollis</i>	РФ: АДГ, КРК, РОС; РА: ГДТ	6
<i>Notiophilus palustris</i>	РФ: КАЧ, НВС, РОС	11
<i>Notiophilus rufipes</i>	РФ: АДГ, КАЧ, КРК, СТК; РМ: КНТ	9
<i>Notiophilus sublaevis</i>	РУ: ТШК	1
Триба Pelophilini		1
Род <i>Pelophila</i>		1
<i>Pelophila borealis</i>	РФ: МРМ	1
Всего		278

Коллекция Nebriinae ЗМ ЮФУ представлена 207 экземплярами из 22 субъектов Российской Федерации (Рис. 3, табл. 3), а также 71 экземпляром из 11 зарубежных регионов (табл. 4). На территории РФ в основном это сборы с Северного Кавказа и южной части Восточной Сибири (Рис. 4). Наиболее разнообразными по видовому составу являются сборы с территорий Крачаево-Черкесской Республики и Краснодарского края – 15 и 14 видов соответственно (Рис. 3). Восточные и северные регионы представлены в коллекции небриин кафедры зоологии ЗМ ЮФУ всего по один-два вида (табл. 3).

По количеству коллекционных экземпляров также сильно выделяется Крачаево-Черкесская Республика и Краснодарский край (50 и 42 экземпляра соответственно) (Рис. 5). Другие регионы юга Европейской части России (Ростовская область, Республика Адыгея, Кабардино-Балкарская Республика) представлены в коллекции довольно хорошо. Также имеется сравнительно небольшое количество экземпляров из северных и восточных регионов РФ (Рис. 4, 5).

Таблица 3

**Число видов и количество экземпляров *Nebriinae* из разных регионов  
Российской Федерации**

Субъект	Число видов	Кол-во экз.
Граница СОА и КАБ	3	10
Иркутская область	2	2
Кабардино-Балкарская Республика	5	18
Карачаево-Черкесская Республика	15	50
Краснодарский край	14	42
Московская область	1	1
Мурманская область	1	1
Новосибирская область	2	2
Приморский край	5	7
Республика Адыгея	8	22
Республика Алтай	2	2
Республика Бурятия	1	1
Республика Дагестан	2	2
Республика Северная Осетия – Алания	2	7
Республика Тыва	1	1
Ростовская область	5	25
Самарская область	1	3
Свердловская область	1	3
Ставропольский край	3	3
Хабаровский край	1	3
Чеченская Республика	1	1
Читинская область	1	1
Всего		207

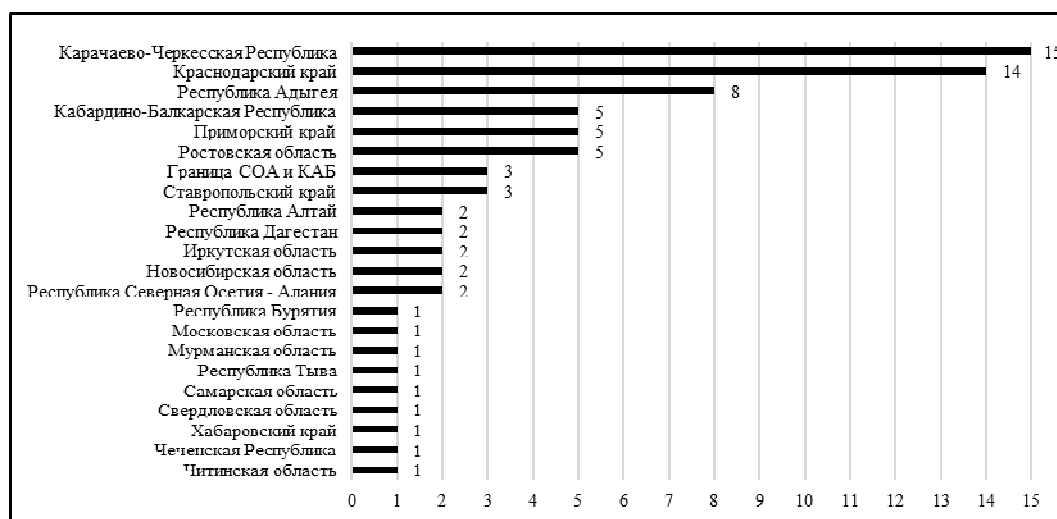


Рис. 3. Число видов небриин из разных регионов РФ.



Рис. 4. Субъекты РФ, сборы из которых представлены в коллекции Nebriinae.



Рис. 5. Количество коллекционных экземпляров небриин из разных регионов РФ.



Среди зарубежных регионов наибольшее широко в коллекции представлены сборы из Республики Казахстан (11 видов, 24 экземпляра), а также Грузии и Республики Абхазии (пять и шесть видов соответственно, суммарно 20 экземпляров) (Рис. 6, 7). С территорий Республик Беларусь и Молдова, а также Азербайджанской Республики в коллекции *Nebrinae* ЗМ ЮФУ имеется всего по одному виду в двух экземплярах каждый (табл. 4).

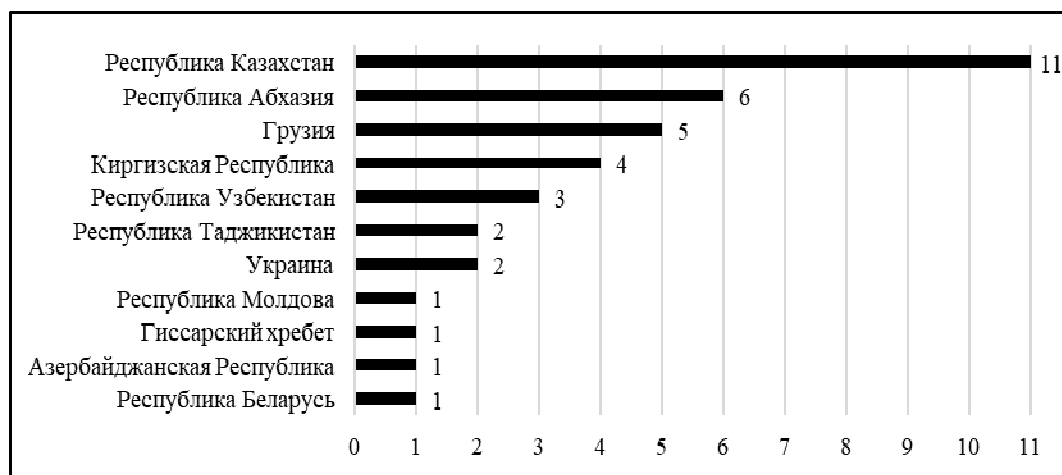


Рис. 6. Число видов небриин из зарубежных регионов.

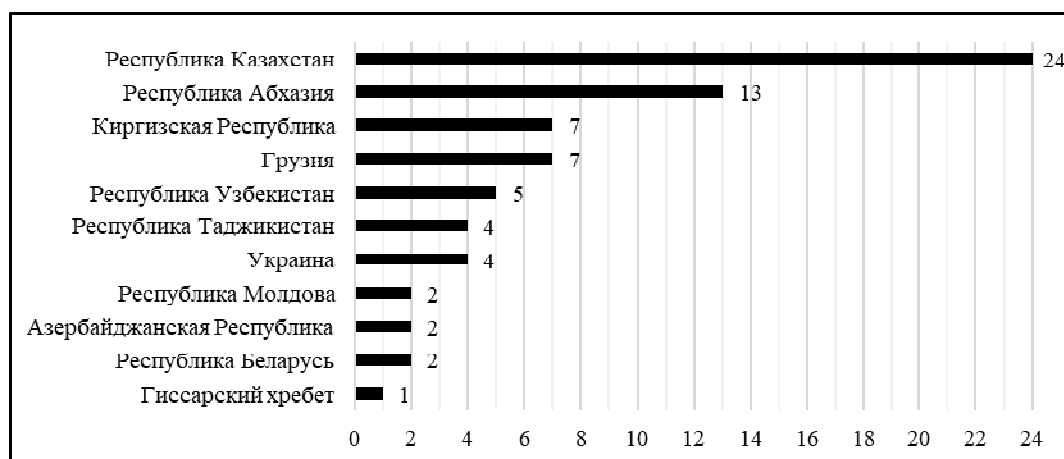


Рис. 7. Количество коллекционных экземпляров небриин из зарубежных регионов.

В целом подавляющее большинство коллекции небриин собрано с разных территорий Кавказа и Средней Азии – преимущественно из горной местности (Рис. 8).

**Таблица 4**

**Число видов и количество экземпляров *Nebriinae* из зарубежных регионов**

Зарубежные регионы сбора	Число видов	Количество экземпляров
Азербайджанская Республика	1	2
Апшеронский район	1	2
Гиссарский хребет	1	1
Грузия	5	7
Гурия	2	3
Рача-Лечхуми и Квемо-Сванети	1	1
Самегрело-Верхняя Сванетия	2	3
Киргизская Республика	4	7
Джалал-Абадская область	1	2
Таласская область	1	1
Чуйская область	2	4
Республика Абхазия	6	13
Гудаутский район	3	7
Сухумский район	3	6
Республика Беларусь	1	2
Гомельская область	1	2
Республика Казахстан	11	24
Алматинская область	7	20
Восточно-Казахстанская область	3	3
Туркестанская область	1	1
Республика Молдова	1	2
Кантемировский район	1	2
Республика Таджикистан	2	4
Согдийская область	2	4
Республика Узбекистан	3	5
Джизакская область	1	2
Ташкентская область	2	3
Украина	2	4
Закарпатская область	1	1
Иваново-Франковская область	1	3
Всего		71

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По состоянию на первый квартал 2023 года коллекция подсемейства *Nebriinae* (*Carabidae*) кафедры зоологии АБиБ ЮФУ насчитывает 278 экземплярами 55 видов из четырех родов, принадлежащих трем трибам.



Рис. 8. Страны, в которых осуществлялся сбор материала коллекции Nebrinae.

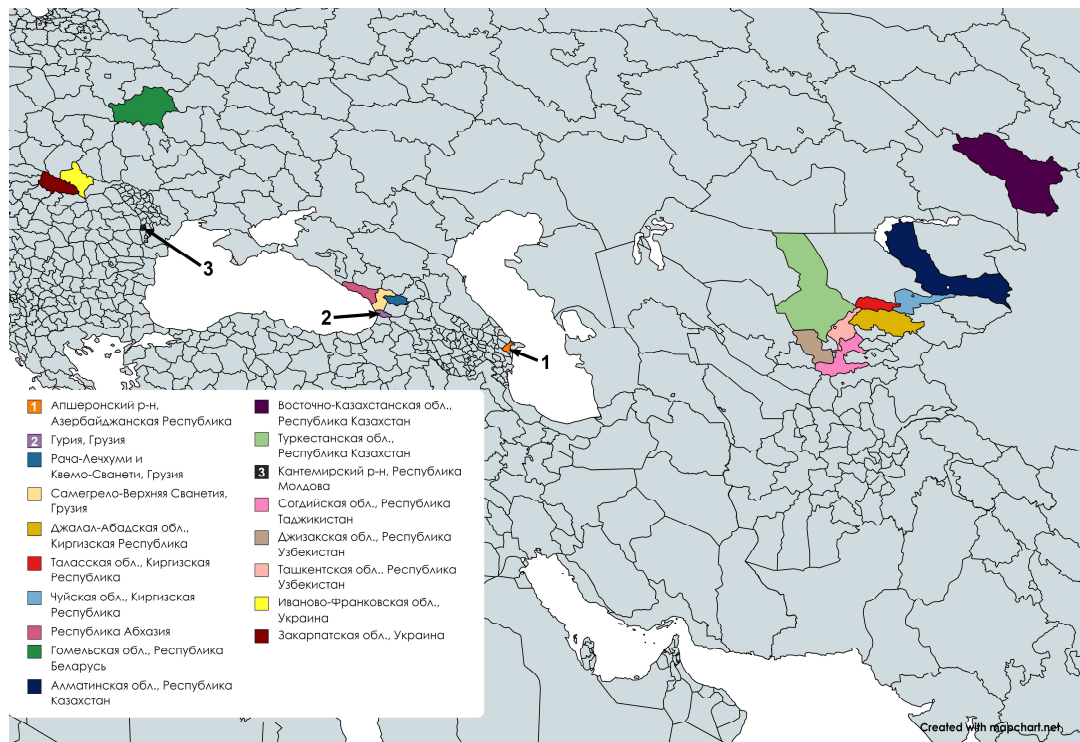


Рис. 9. Зарубежные регионы сбора материала коллекции Nebrinae.

Триба *Nebriini* представлена 223 экземплярами 47 видов, из которых 24 экземпляра 8 видов приходится на род *Leistus*, а 199 экземпляров 39 видов – на род *Nebria*. Триба *Notiophilini* представлена 54 экземплярами семи видов, принадлежащих к роду *Notiophilus*.

Триба *Pelophilini* представлена всего одним экземпляром вида *Pelophila borealis*. В коллекции *Nebriinae* кафедры зоологии АБиБ ЮФУ наблюдается сильное преобладание трибы *Nebriini* как по числу видов (85,4 %), так и по количеству экземпляров (80,2 %). Коллекция небриин кафедры зоологии АБиБ ЮФУ представлена 207 экземплярами из 22 субъектов РФ, а также 71 экземпляром из 11 зарубежных регионов. Подавляющее большинство коллекции собрано с разных территорий Кавказа и Средней Азии.

На территории РФ по видовому разнообразию и количеству коллекционных экземпляров явно преобладают сборы из Карачаево-Черкесской Республики и Краснодарского края. Среди зарубежных регионов наибольшее широко в коллекции представлены сборы из Республики Казахстан, а также Грузии и Республики Абхазии (Рис. 8, 9).

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны всем коллегам, оказавшим посильную помощь в работе над каталогом.

### Список литературы

1. Маталин А. В. Каталог коллекции животных кафедры зоологии Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета. Сообщение 1. Отряд Жесткокрылые – Coleoptera, семейство жужелицы – Carabidae, подсемейство скакуны – Cicindelinae / А. В. Маталин, Ю. Г. Арзанов, Э. А. Хачиков // Живые и биокосные системы. – 2019. – № 29. – URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-29/article-7>
2. Романчук Р. В. Каталог коллекции животных кафедры зоологии академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета. Сообщение 2. Отряд чешуекрылые – Lepidoptera, семейство листовёртки – Tortricidae / Р. В. Романчук, О. А. Кладковая // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 140–155.
3. Романчук Р. В. Каталог коллекции животных кафедры зоологии академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета. Сообщение 3. Отряд чешуекрылые – Lepidoptera, семейство парусники – Papilionidae / Р. В. Романчук, Е. А. Богаева, Н. С. Елфимова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 198–213. doi: 10.29039/2413-1725-2023-9-1-198-213
4. Белоус М. Д. Каталог коллекции животных кафедры зоологии Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета. Сообщение 4. Отряд Перепончатокрылые – Hymenoptera, семейство муравьи – Formicidae. Часть 1 / М. Д. Белоус, Д. М. Шевченко, Д. А. Дубовиков // Живые и биокосные системы. – 2023. – № 44. – URL: <https://jbks.ru/archive/issue-44/article-7>. doi: 10.18522/2308-9709-2023-44-7
5. Богаева Е. А. Каталог коллекции животных кафедры зоологии Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского Южного федерального университета. Сообщение 5. Отряд Чешуекрылые – Lepidoptera, семейство толстоголовки – Hesperidae / Е. А. Богаева, Р. В. Романчук // Живые и биокосные системы. – 2023. – № 44. – URL: <https://jbks.ru/archive/issue-44/article-8>. doi: 10.18522/2308-9709-2023-44-8

6. Ильина Е. В. Материалы к фауне жуков Дагестана. Часть 1. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) / Е. В. Ильина. – Махачкала: изд-во ДГПУ, 1999. – 45 с.
7. Панасян Л. А. Биоразнообразие жужелиц (Coleoptera: Carabidae) степей Центрального Предкавказья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.32 / Л. А. Панасян. – Махачкала, 2003. – 24 с.
8. Абдурахманов Г. М. Состав и географическое распространение жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Южного Дагестана / Г. М. Абдурахманов, Г. М. Нахибашева, Р. А. Мусаева // Юг России: экология, развитие. – 2009. – № 2. – С. 60–66.
9. Куберская О. В. Фауна и экология жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Комсомольского заповедника: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.05 / О. В. Куберская. – Комсомольск-на-Амуре, 2016. – 268 с.
10. Lorenz W. Carabcat database. In O. Bánki, Y. Roskov, M. Döring, G. Ower, L. Vandepitte, D. Hobern, D. Remsen, P. Schalk, & R. E. DeWalt, Catalogue of Life Checklist (v.03 (08/2021)). – 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.checklistbank.org/dataset/3/source/1146> (дата обращения: 30.03.2023).
11. Kryzhanovskij O. L. A checklist of the ground-beetles of Russia and adjacent lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae) / O. L. Kryzhanovskij, I. A. Belousov, I. I. Kabak, B. M. Kataev, K. V. Makarov, V. G. Shilenkov. – Sofia, Moscow: Pensoft publishers, 1995. – 271 с.
12. Löbl I. Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1. Revised and updated edition. Archostemata – Mухорhаgа – Aдеphаgа / I. Löbl, D. Löbl. – Boston: Brill, 2017. – 1477 p.
13. Систематический список жужелиц (Carabidae) России [Электронный ресурс] / К. В. Макаров, О. Л. Крыжановский, И. А. Белоусов [и др.]; Зоологический институт РАН. – Санкт-Петербург: Зоологический институт РАН, 2013. – Режим доступа: [https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car\\_rus.htm](https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car_rus.htm) (дата обращения: 18.03.2023).
14. Сигида С. И. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) Северного Кавказа (фауна, экология, зоогеография, роль в биоценозах): автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.09 / С. И. Сигида. – Санкт-Петербург, 1993. – 36 с.
15. Сигида С. И. Фаунистический состав жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Предкавказья и северных склонов Центрального Кавказа / С. И. Сигида // Фауна Ставрополя: сборник статей. Выпуск 6. – Ставрополь: Ставропольский государственный университет, 1995. – С. 11–28.
16. Бондаренко А. С. Фауна и экологические особенности жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Туапсинского и Причерноморского природных заказников (Россия) / А. С. Бондаренко, А. С. Замотайлов, А. И. Белый, Е. Е. Хомицкий // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2020. – Т. 5, № 3. – С. 66–85.
17. Замотайлов А. С. Фауна жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Северо-Западного Кавказа: методическое пособие / А. С. Замотайлов. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 1992. – 76 с.
18. Сердюк В. Ю. Жизненные формы, экологическая приуроченность и ареологическая характеристика жужелиц (Coleoptera, Carabidae) агроландшафта в условиях лиманно-плавневого природного комплекса северо-Западного Кавказа / В. Ю. Сердюк, А. С. Замотайлов, А. С. Бондаренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 76. – С. 147–154.
19. Абдурахманов В. Г. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) главного Кавказского хребта: фауна, экология, зоогеография: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08 / В. Г. Абдурахманов. – Махачкала, 2008. – 22 с.
20. Абдурахманов Г. М. Состав и происхождение фауны жесткокрылых (Coleoptera: Carabidae, Scarabaeoidea, Elateridae, Tenebrionidae) восточной части Большого Кавказа (фауна, экология, зоогеография и практическое значение): дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.09 / В. Г. Абдурахманов. – Махачкала, 1983. – 565 с.
21. Ахмедханова В. З. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) Северо-восточного Азербайджана: фауна, экология, зоогеография: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08 / В. З. Ахмедханова. – Махачкала, 2008. – 23 с.
22. Белоусов И. А. Оценка биоразнообразия жуков семейства жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Восточного Кавказа на основе индексов видового богатства с использованием баз данных / И. А. Белоусов, И. И. Кабак, Г. М. Нахибашева, Г. М. Мухтарова // Политематический сетевой

- электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 83. – С. 129–153.
23. Ильина Е. В. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) Горного Дагестана (фауна, экология, зоогеография): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09 / Е. В. Ильина. – Санкт-Петербург, 1997. – 26 с.
  24. Иманмирзаев И. Х. Фауна, экология и зоогеография жужелиц (Coleoptera, Carabidae) высокогорий Южного Дагестана / И. Х. Иманмирзаев, Т. М. Джамалутдинова, Г. А. Магомедов // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2016. – Т. 10, № 1. – С. 27–33.
  25. Козьминых В. О. Жуки заповедника «Басеги». Часть 1 / В. О. Козьминых, Д. В. Наумкин, П. Ю. Санников // Фауна Урала и Сибири. – 2019. – № 1. – С. 38–96.
  26. Козьминых В. О. Жуки заповедника «Басеги». Часть 2 / В. О. Козьминых, Д. В. Наумкин, П. Ю. Санников // Фауна Урала и Сибири. – 2019. – № 2. – С. 68–115.
  27. Сундуков Ю. Н. Жужелицы (Coleoptera, Caraboidea) национального парка «Зов тигра» (Приморский край, Россия) / Ю. Н. Сундуков // Евразийский энтомологический журнал. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 437–455.
  28. Lafer G. Sh. A check-list of ground beetles (Coleoptera: Cicindelidae, Carabidae) of the Muravjev-Amursky Peninsula, Primorskii Krai / G. Sh. Lafer // Far Eastern Entomologist. – 2005. – № 151. – С. 1–8.
  29. Sundukov Y. N. The main stages in the formation of the ground beetle fauna (Coleoptera, Carabidae) of the Sikhote-Alin, with endemics taken as an example. 1. Characteristics of taxa / Y. N. Sundukov // Entomological Review. – 2019. – Т. 99. – С. 1128–1144.
  30. Sundukov Y. N. The main stages in the formation of the ground beetle fauna (Coleoptera, Carabidae) of the Sikhote-Alin, with endemics taken as an example. 2. An analysis of distributions / Y. N. Sundukov // Entomological Review. – 2019. – Т. 99. – С. 1145–1161.
  31. Лафер Г. Ш. Дополнительные данные по фауне жуков подотряда Adephaga (Coleoptera) острова Сахалина / Г. Ш. Лафер, В. Н. Кузнецов // Вестник Сахалинского музея. – 1996. – № 1. – С. 313–323.
  32. Сундуков Ю. Н. Жужелицы (Coleoptera: Carabidae) острова Полонского, южные Курильские острова / Ю. Н. Сундуков // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. – 2019. – № 30. – С. 140–152.
  33. Sundukov Y. N. New or little-known ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of Kunashir Island, Kurile Islands, Russia / Y. N. Sundukov, K. V. Makarov // Russian Entomological Journal. – 2016. – Т. 25, № 2. – С. 121–160.
  34. Куберская О. В. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) хребта Мяо-Чан, Хабаровский край / О. В. Куберская, В. А. Мутин // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. – 2016. – № 27. – С. 93–106.
  35. Куберская О. В. К фауне жужелиц (Coleoptera, Carabidae) заказника «Удыль», Хабаровский край / О. В. Куберская // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. – 2017. – № 28. – С. 111–123.
  36. Куберская О. В. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) Силинского парка города Комсомольск-на-Амуре (Хабаровский край, Россия) / О. В. Куберская, В. А. Мутин // Евразийский энтомологический журнал. – 2020. – Т. 19, № 4. – С. 194–209.
  37. Сундуков Ю. Н. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the central part of the Badzhal Range, Khabarovskii Krai, Russia / Ю. Н. Сундуков, О. В. Куберская // Евразийский энтомологический журнал. – 2020. – Т. 19, № 5. – С. 281–290.
  38. Sundukov Y. N. On the Carabid Fauna (Coleoptera, Carabidae) of Bolshoi Shantar Island, Khabarovsk Territory, Russia / Y. N. Sundukov, O. V. Kuberskaya, B. M. Kataev // Entomological Review. – 2021. – Т. 101. – С. 917–937.
  39. Sundukov Yu. N. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of Khabarovsk Region in the collection of Grodekov Khabarovsk Regional Museum / Yu. N. Sundukov, E. V. Novomodnyi // Amurian Zoological Journal. – 2022. – Vol. 14, № 4. – С. 570–593.
  40. Дудко Р. Ю. Высокогорная фауна жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Восточно-Тувинского нагорья / Р. Ю. Дудко, Ч. Н. Самбыла // Евразийский энтомологический журнал. – 2005. – Т. 4, № 3. – С. 209–218.
  41. Дудко Р. Ю. Фауна жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Юго-Восточного Алтая / Р. Ю. Дудко, А. В. Маталин, Д. Н. Федоренко // Зоологический журнал. – 2010. – Т. 89, № 11. – С. 1312–1330.

42. Кабак И. И. Материалы к распространению некоторых видов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в Центральном и Юго-Восточном Казахстане / И. И. Кабак, С. В. Колов // Евразийский энтомологический журнал. – 2010. – Т. 9, № 1. – С. 29–32.
43. Кабак И. И. Материалы к списку чужеродных видов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) фауны Казахстана и сопредельных территорий / И. И. Кабак // Selevinia. – 2013. – Т. 21. – С. 107–111.
44. Khalimov F. The ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Karatepa and Chakilalyan mountains (west part of Zarafshan Mountains Range, Uzbekistan) / F. Khalimov // Biosystems Diversity. – 2020. – Т. 28, № 3. – С. 265–271.
45. Khalimov F. Composition and structure of the fauna of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Zerafshan Range / F. Khalimov // Acta Biologica Sibirica. – 2023. – Т. 9. – С. 113–125.
46. Кабак И. И. Материалы к распространению некоторых видов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в Киргизии / И. И. Кабак, Г. Мюллер-Мюцфельд, Д. А. Милько // Евразийский энтомологический журнал. – 2016. – Т. 15, № 1. – С. 12–16.
47. Пучков А. В. Обзор жужелиц трибы Nebriini (Coleoptera, Carabidae) фауны Украины / А. В. Пучков // Энтомологическое обозрение. – 2013. – Т. 92, № 1. – С. 130–141.
48. Атлас жужелиц (Carabidae) России – коллективный проект [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/atlascar.htm> (дата обращения: 14.03.2023).
49. Александрович О. Р. Каталог жесткокрылых (Coleoptera, Insecta) Беларуси / О. Р. Александрович, И. К. Лопатин, А. Д. Писаненко, В. А. Цинкевич, С. М. Снитко. – Минск: ФФИ РБ, 1996. – 103 с.
50. Солодовников И. А. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) Белорусского Поозерья. С каталогом видов жужелиц Беларуси и сопредельных государств / И. А. Солодовников. – Витебск: Витебский государственный университет им. П. М. Машерова, 2008. – 325 с.

**CATALOGUE OF THE ANIMAL COLLECTION OF THE DEPARTMENT OF  
ZOOLOGY OF THE ACADEMY OF BIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY  
NAMED AFTER D. I. IVANOVSKY OF SOUTHERN FEDERAL UNIVERSITY.  
COMMUNICATION 7. ORDER COLEOPTERA, FAMILY GROUND BEETLES –  
CARABIDAE, SUBFAMILY NEBRIINAE**

*Kiryushkina O. I., Romanchuk R. V.*

*Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia  
E-mail: kiryushkina@sfnu.ru*

This paper continues a series of research articles devoted to the description of the taxonomic diversity and cataloging of animals presented in the Zoological Museum of Southern Federal University collections. The compilation of scientific and educational zoological collections is of great importance, since they allow us to generalize information about the species composition and geographical distribution of the studied groups of animals. Zoological collections are valued both among specialists, as they can be used as a basis for writing scientific papers, and among teachers and students of educational institutions, as a reference base and demonstration material. Collection catalogization makes it possible to provide up-to-date data on the taxonomic composition and geographic distribution of collection material for use by a wide range of interested parties.

Nebriinae is a subfamily of the Carabidae family and includes four tribes, 11 genera and more than 800 species distributed in the Palearctic. On the fauna of the Russian Federation, the subfamily is represented by 87 species from four genera, belonging to

three tribes: Nebriini Laporte, 1834, Notiophilini Motschulsky, 1850, Pelophilini Kavanaugh, 1996. On the Russia territory there are two genera of the Nebriini tribe: *Leistus* Frölich, 1799 (15 species) and *Nebria* Latreille, 1802 (54 species).

Representatives of this tribe are hygrophiles, mainly found in the mountainous regions along the banks of rivers and streams. The tribe Notiophilini includes about 50 species of the genus *Notiophilus* Duméril, 1805, distributed in the Palearctic, with a characteristic appearance, and found in the forest floor. In Russia, the tribe is represented by 17 species. The tribe Pelophilini includes one genus and two species. In Russia there is one species – *Pelophila borealis* Paykull, 1790. It lives in wetlands in the taiga and forest-tundra.

The purpose of this paper is to provide up-to-date information about the collection of Nebriinae of the Zoological Museum of Southern Federal University as annotated catalog. Objectives: updating the taxonomic affiliation of specimens and invalid Latin names, clarifying modern geographical data collection points, systematizing, and generalizing the data obtained.

The material for this work was the Nebriinae collection of the Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University Zoology Department. Since 2022, the entire collection of insects has been stored in the reorganized Zoological Museum of Southern Federal University. A significant part of the collection contains identification labels by I. I. Kabak, I. A. Belousov, E. V. Komarov, A. S. Zamotailov, V. G. Shilenkov.

The collection includes 278 specimens of 55 species from four genera belonging to three tribes. Tribe Nebriini is represented by 223 specimens of 47 species, of which 24 specimens of 8 species are in the genus *Leistus*, and 199 specimens of 39 species are in the genus *Nebria*. The tribe Notiophilini is represented by 54 specimens of seven species belonging to the genus *Notiophilus*.

The tribe Pelophilini is represented by only one specimen of the *Pelophila borealis* species. In the Nebriinae collection of the Zoological Museum of Southern Federal University, there is a strong predominance of the tribe Nebriini both in the number of species (85.4 %) and in the number of specimens (80.2%). The Nebriinae collection is represented by 207 specimens from 22 constituent entities of the Russian Federation, as well as 71 specimens from 11 foreign regions. Most of the collection was collected from different territories of the Caucasus and Central Asia.

On the territory of the Russian Federation collections from the Karachay-Cherkess Republic and the Krasnodar Territory clearly predominate in terms of species diversity and the number of collection specimens. Among foreign regions, the collection is most widely represented by collections from the Republic of Kazakhstan, as well as Georgia and the Republic of Abkhazia.

**Keywords:** Southern Federal University, Zoological Museum, collection fund, ground beetles, Carabidae, Nebriinae, catalogue.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to all colleagues who provided all possible assistance in the work on the catalogue.



## References

1. Matalin A. V., Arzanov Yu. G., Khachikov E. A. Catalog of the collection of animals of the Department of Zoology of the Academy of Biology and Biotechnology Named After D. I. Ivanovsky of Southern Federal University. Communication 1. Order Coleoptera, family Carabidae, Subfamilia Cicindelinae, *Living and bio-inert systems*, **29**, 7 (2019). URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-29/article-7>.
2. Romanchuk R. V., Kladkovaya O. A. Catalogue of the animal collection of the Department of Zoology of the Academy of Biology and Biotechnology Named After D. I. Ivanovsky of Southern Federal University. Communication 2. Order Lepidoptera, family Leafroller Moths – Tortricidae, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **8** (1), 140 (2022).
3. Romanchuk R. V., Bogaeva E. A., Elfimova N. S. Catalogue of the animal collection of the Department of Zoology of the Academy of Biology and Biotechnology Named After D. I. Ivanovsky of Southern Federal University. Communication 3. Order Lepidoptera, family Swallowtail Butterflies – Papilionidae, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **9** (1), 198 (2023). doi: 10.29039/2413-1725-2023-9-1-198-213
4. Belous M. D., Shevchenko D. M., Dubovikov D. A. Catalogue of the animal collection of the Department of Zoology of the Academy of Biology and Biotechnology Named After D. I. Ivanovsky of Southern Federal University. Communication 4. Order Hymenoptera, family – Formicidae. Part 1, *Living and bio-inert systems*, 44 (2023). URL: <https://jbks.ru/archive/issue-44/article-7>. doi: 10.18522/2308-9709-2023-44-7.
5. Bogaeva E. A., Romanchuk R. V. Catalogue of the animal collection of the Department of Zoology of the Academy of Biology and Biotechnology Named After D. I. Ivanovsky of Southern Federal University. Communication 4. Order Lepidoptera, family – Hesperidae, *Living and bio-inert systems*, 44 (2023). URL: <https://jbks.ru/archive/issue-44/article-8>. doi: 10.18522/2308-9709-2023-44-8.
6. Ilyina E. V. *Materials on the fauna of beetles of Dagestan. Part 1. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae)*, 45 p. (Makhachkala: DSPU Publishing House, 1999).
7. Panasyan L. A. *Biodiversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of the steppes of the Central Ciscaucasia: abstract. dis. ... cand. biol. sciences: 03.00.32*, 24 p. (Makhachkala, 2003).
8. Abdurakhmanov G. M., Nakhibasheva G. M., Musaeva R. A. Composition, and geographical distribution of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of Southern Dagestan, South of Russia: ecology, development, **2**, 60 (2009).
9. Kuberskaya O. V. *Fauna and ecology of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Komsomolsky Reserve: dis. ... cand. biol. Sciences: 03.02.05*, 268 p. (Komsomolsk-on-Amur, 2016).
10. Lorenz W. Carabcat database // Catalogue of Life Checklist (v.03 (08/2021)). URL: <https://www.checklistbank.org/dataset/3/source/1146> (accessed: 30.03.2023).
11. Kryzhanovskij O. L., Belousov I. A., Kabak I. I., Kataev B. M., Makarov K. V., Shilenkov V. G. *A checklist of the ground-beetles of Russia and adjacent lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae)*, 271 p. (Sofia, Moscow: Pensoft publishers, 1995).
12. Löbl I., Löbl D. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Vol. 1. Revised and updated edition. Archostemata – Myxophaga – Adephaga*, 1477 p. (Boston: Brill, 2017).
13. Systematic list of ground beetles (Carabidae) of Russia. URL: [https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car\\_rus.htm](https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/car_rus.htm) (accessed: 03.18.2023).
14. Sigida S. I. *Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the North Caucasus (fauna, ecology, zoogeography, role in biocenoses): abstract. dis. ... dr. biol. sciences: 03.00.09*, 36 p. (St. Petersburg, 1993).
15. Sigida S. I. Faunistic composition of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Ciscaucasia and the northern slopes of the Central Caucasus, *Fauna of Stavropol: collection of articles. Issue 6*. (Stavropol: Stavropol State University, 1995). 11 p.
16. Bondarenko A. S., Zamotailov A. S., Belyj A. I., Khomitsky E. E. Fauna, and ecological features of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Tuapse and Black Sea natural reserves (Russia), *Nature Conservation Research*, **5** (3), 66 (2020).
17. Zamotailov A. S. *Fauna of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the North-West Caucasus: a methodological manual*, 76 p. (Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 1992).

18. Serdyuk V. Yu., Zamotailov A. S., Bondarenko A. S. Life forms, ecological occurrence, and areal characteristics of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the agricultural landscape in the conditions of the liman-flood natural complex of the North-Western Caucasus, *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*, **76**, 147 (2019).
19. Abdurakhmanov V. G. *Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the main Caucasus range: fauna, ecology, zoogeography: abstract. dis. ... cand. biol. sciences: 03.00.08*, 22 p. (Makhachkala, 2008).
20. Abdurakhmanov G. M. *Composition and origin of the beetle fauna (Coleoptera: Carabidae, Scarabaeoidea, Elateridae, Tenebrionidae) of the eastern part of the Greater Caucasus (fauna, ecology, zoogeography, and practical significance): dis. ... dr. biol. sciences: 03.00.09*, 565 p. (Makhachkala, 1983).
21. Akhmedkhanova V. Z. *Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of North-Eastern Azerbaijan: fauna, ecology, zoogeography: abstract. dis. ... cand. biol. sciences: 03.00.08*, 23 p. (Makhachkala, 2008).
22. Belousov I. A., Kabak I. I., Nakhibasheva G. M., Mukhtarova G. M. Assessment of biodiversity of beetles of the ground beetle family (Coleoptera, Carabidae) of the Eastern Caucasus based on species richness indices using databases, *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, **83**, 129 (2012).
23. Ilyina E. V. *Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of Mountainous Dagestan (fauna, ecology, zoogeography): abstract. dis. ... cand. biol. sciences: 03.00.09*, 26 p. (St. Petersburg, 1997).
24. Imanmirzaev I. Kh., Dzhamalutdinova T. M., Magomedov G. A. Fauna, ecology, and zoogeography of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the highlands of Southern Dagestan, *News of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences*, **10** (1), 27 (2016).
25. Kozminykh V. O., Naumkin D. V., Sannikov P. Yu. Beetles of the Basegi Nature Reserve. Part 1, *Fauna of the Urals and Siberia*, **1**, 38 (2019).
26. Kozminykh V. O., Naumkin D. V., Sannikov P. Yu. Beetles of the Basegi Nature Reserve. Part 2 / V. O. Kozminykh, *Fauna of the Urals and Siberia*, **2**, 68 (2019).
27. Sundukov Yu. N. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the National Park "Call of the Tiger" (Primorsky Territory, Russia), *Eurasian Entomological Journal*, **10** (4), 437 (2011).
28. Lafer G. Sh. A check-list of ground beetles (Coleoptera: Cicindelidae, Carabidae) of the Muravjev-Amursky Peninsula, Primorsky Krai, *Far Eastern Entomologist*, **151**, 1 (2005).
29. Sundukov Y. N. The main stages in the formation of the ground beetle fauna (Coleoptera, Carabidae) of the Sikhote-Alin, with endemics taken as an example. 1. Characteristics of taxa, *Entomological Review*, **99**, 1128 (2019).
30. Sundukov Y. N. The main stages in the formation of the ground beetle fauna (Coleoptera, Carabidae) of the Sikhote-Alin, with endemics taken as an example. 2. An analysis of distributions, *Entomological Review*, **99**, 1145 (2019).
31. Lafer G. Sh., Kuznetsov V. N. Additional data on the fauna of beetles of the suborder Adephaga (Coleoptera) of Sakhalin Island, *Bulletin of the Sakhalin Museum*, **1**, 313 (1996).
32. Sundukov Yu. N. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of the Polonsky Islands, southern Kuril Islands, *Chteniya pamyati Alekseye Ivanovicha Kurentsova*, **30**, 140 (2019).
33. Sundukov Y. N., Makarov K. V. New or little-known ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of Kunashir Island, Kurile Islands, Russia, *Russian Entomological Journal*, **25** (2), 121 (2016).
34. Kuberskaya O. V., Mutin V. A. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Miao-Chan ridge, Khabarovsk Territory, *Chteniya pamyati Alekseye Ivanovicha Kurentsova*, **27**, 93 (2016).
35. Kuberskaya, O. V. To the fauna of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Udyl nature reserve, Khabarovsk Territory, *Chteniya pamyati Alekseye Ivanovicha Kurentsova*, **28**, 111 (2017).
36. Kuberskaya O. V., Mutin V. A. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Silinsky Park of the city of Komsomolsk-on-Amur (Khabarovsk Territory, Russia), *Eurasian Entomological Journal*, **19** (4), 194 (2020).
37. Sundukov Yu. N., Kuberskaya O. V. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the central part of the Badzhal Range, Khabarovskii Krai, Russia, *Eurasian Entomological Journal*, **19** (5), 281 (2020).
38. Sundukov Y. N., Kuberskaya O. V., Kataev B. M. On the Carabid Fauna (Coleoptera, Carabidae) of Bolshoi Shantar Island, Khabarovsk Territory, Russia, *Entomological Review*, **101**, 917 (2021).

39. Sundukov Yu. N., Novomodnyi E. V. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of Khabarovsk Region in the collection of Grodekov Khabarovsk Regional Museum, *Amurian Zoological Journal*, **14** (4), 570 (2022).
40. Dudko R. Yu., Ch. N. Sambyla High-mountain fauna of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the East Tuva Highlands, *Eurasian Entomological Journal*, **4** (3), 209 (2005).
41. Dudko R. Yu., Fedorenko D. N. Fauna of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of South-Eastern Altai, *Zoological Journal*, **89** (11), 1312 (2010).
42. Kabak I. I., Kolov S. V. Materials on the distribution of some species of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in Central and South-Eastern Kazakhstan, *Eurasian Entomological Journal*, **9** (1), 29 (2010).
43. Kabak I. I. Materials for the list of alien species of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the fauna of Kazakhstan and adjacent territories, *Selevinia*, **21**, 107 (2013).
44. Khalimov F. The ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Karatepa and Chakilkalyan mountains (west part of Zarafshan Mountains Range, Uzbekistan), *Biosystems Diversity*, **28** (3), 265 (2020).
45. Khalimov F. Composition and structure of the fauna of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Zarafshan Range, *Acta Biologica Sibirica*, **9**, 113 (2023).
46. Kabak I. I., Muller-Motzfeld G., Milko D. A. Materials on the distribution of some species of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in Kyrgyzstan, *Eurasian Entomological Journal*, **15** (1), 12 (2016).
47. Puchkov A. V. Review of ground beetles of the tribe Nebriini (Coleoptera, Carabidae) of the fauna of Ukraine, *Entomological Review*, **92** (1), 130 (2013).
48. Atlas of ground beetles (Carabidae) of Russia – a collective project. URL: <https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/atlasr.htm> (accessed: 14.03.2023).
49. Aleksandrovich O. R., Lopatin I. K., Pisanenko A. D., Tsinkevich V. A., Snitko S. M. *Catalog of Coleoptera (Coleoptera, Insecta) of Belarus*, 103 p. (Minsk: FFI RB, 1996).
50. Solodovnikov I. A. *Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Belarusian Lakeland. With a catalog of ground beetle species in Belarus and neighboring countries*, 325 p. (Vitebsk: Vitebsk State University named after. P. M. Masherova, 2008).

**УДК 582.284:502(470.55)**

**ИШНОДЕРМА СМОЛИСТАЯ (*ISCHNODERMA RESINOSUM*  
(Schrad.) P. Karst.) – НОВЫЙ ВИД В МИКОБИОТЕ ЧЕЛЯБИНСКОЙ  
ОБЛАСТИ**

**Красуцкий Б. В.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия*

<sup>2</sup>*Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия*

*E-mail: boris\_k.63@mail.ru*

При проведении экспедиционных исследований в сентябре 2023 г. в южной части ботанического памятника природы «Каштакский бор» (Челябинская область), в березовом разнотравном лесу, на валежнике березы *Betula pendula* был обнаружен ксилотрофный агарикомицет *Ischnoderma resinosum* (Schrad.) P. Karst. Несмотря на активно проводимые в последние два десятилетия микологические исследования на территории Челябинской области в целом и в Каштакском бору в частности, этот вид до последнего времени не находили. Внесен в Красную книгу Свердловской области в категории статуса редкости III – редкий вид и в Красную книгу Нижегородской области в категории статуса редкости Б – уязвимый вид. Считаем необходимым включить его в третье издание Красной книги Челябинской области в категории статуса редкости IV – вид с неопределенным статусом.

**Ключевые слова:** Челябинская область, Каштакский бор, ксилотрофные агарикомицеты, Красная книга.

**ВВЕДЕНИЕ**

Несмотря на крупные, детальные, а, в последние два десятилетия, регулярные исследования по грибам Челябинской области [1–27], микобиоту региона следует признать изученной недостаточно. В отношении афиллофороидных грибов (Basidiomycota) следует заметить, что для нашей области в 30 публикациях указано, в общей сложности, 379 видов, в то время как для соседней Свердловской области (в 62 публикациях) – 952 вида притом, что 65(!) являются здесь уникальными [28]. И в целом для Южного Урала мы видим далеко не полные списки: в Оренбургской области обнаружено 306 видов (22 публикации), в Республике Башкортостан – 337 видов (41 публикация) [28]. Следовательно, возникает высокая вероятность обнаружения новых видов грибов на этих территориях.

Ишнодерма смолистая (*Ischnoderma resinosum* (Schrad.) P. Karst. – базидиальный ксилотрофный гриб, представитель семейства ишнодермовых (Ischnodermataceae), порядка полипоровых (Polyporales), класса агарикомицетов (Agaricomycetes).

Широко распространён в Северном полушарии – произрастает в Европе, Азии и Северной Америке. На территории России обнаружен в Европейской части (Архангельская, Брянская, Воронежская, Калужская, Кировская, Курская, Ленинградская, Московская, Мурманская, Нижегородская, Оренбургская,

Орловская обл., Республика Башкортостан, Республика Карелия, Республика Коми, республика Крым, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Самарской, Смоленской, Тамбовской, Тверской, Тульской обл., Удмуртская Республика), на Урале (Свердловская обл.), в Сибири (Алтайский край, Красноярский край, Омская, Томская, Тюменская обл., Республика Якутия) и на Дальнем Востоке (Камчатский край, Приморский край, Сахалинская обл., Хабаровский край) [28–30].

Встречается в широколиственных, хвойно-широколиственных и смешанных лесах. Приурочен, главным образом, к листовым породам, наиболее часто встречается на *Acer*, *Betula*, *Carpinus*, *Fagus*, *Pinus*, *Populus*, *Quercus*, *Salix*, *Tilia*, *Ulmus*. Иногда заселяет хвойные – *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Pinus*. Сапротроф, вызывает белую гниль [29].

В период плодоношения (обычно, август – сентябрь) формирует однолетние, довольно крупные (до 20 см шириной и до 3 см толщиной) плодовые тела, половинчатой языковидной формы, иногда с зачаточной ножкой, одиночные, реже в черепитчатых группах. Молодые грибы мясистые и сочные, взрослые – жёсткие, хрупкие. Шляпка с бархатистой верхней поверхностью, с возрастом шершаво-морщинистой, с блестящей смолистой тёмно-коричневой коркой; край шляпки подвёрнут, беловатый. Мякоть в молодости мягкая, волокнистая, белая, красновато-кремовая, затем – деревянистая, с возрастом темнеющая до буроватой только близ зачаточной ножки. Гименофор с беловатыми или красновато-розовыми однослойными трубочками, при прикосновении буреющими. Поры мелкие или средние, округлые или угловатые. Гифальная система димитическая. Генеративные гифы тонкостенные, в корке шляпки утолщённые, с пряжками; скелетные – толстостенные или сплошные, без пряжек. Базидии булавовидные, четырёхспоровые, 10–18×4–6 мкм. Споры белые в массе, цилиндрические, 5–7×2–2,5 мкм. Цистиды отсутствуют [29].

Занесен в Красные книги Нижегородской (категория Б – уязвимый вид) [31] и Свердловской области (III категория – редкий вид) [32]. Главными лимитирующими факторами являются вырубка и сокращение площади старых хвойных и темнохвойных лесов с участием осины, липы и ильма, а также удаление крупномерного валежника и сухостоя при очистке леса [31, 32].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Микологические исследования на территории Челябинской области мы наиболее активно проводим в последнее десятилетие; их главные итоги опубликованы в серии работ по ксилотрофным базидиальным грибам лесной зоны и лесостепи [16], а также по грибам региональных ООПТ – заказников и памятников природы [3, 9–12, 14, 17, 18]. Особое внимание уделяем видам, внесенным в Красную книгу Челябинской области [13, 15, 19, 20].

В августе–сентябре 2023 года, после трех лет продолжительных весенне-летних засух с аномально высокими температурами, сложились благоприятные для грибов погодные условия, и это немедленно сказалось на плодоношении целого ряда видов, которые долгое время не формировали базидиомы. Для регулярных наблюдений в этот период времени был выбран памятник природы «Каштакский бор» как

наиболее удобная по расположению территория с богатым составом древесных пород и наличием разнообразных категорий субстрата.

Ботанический памятник природы регионального значения «Каштакский бор» (дата создания: 21.01.1969 г.; общая площадь: 2772,0 га, площадь охранной зоны: 516,8 га) расположен в северо-восточной части Челябинского городского округа (1085,0 га) и, частично, в Сосновском муниципальном районе Челябинской обл. (1687,0 га) (рис. 1). В географическом отношении его территория расположена между параллелями  $55^{\circ}21'51''$  и  $55^{\circ}15'32''$  северной широты и меридианами  $61^{\circ}20'25''$  и  $61^{\circ}26'53''$  восточной долготы.

Каштакский бор расположен на Челябинском гранитном массиве и возвышается над уровнем р. Миасс на 25–60 м. Во многих местах имеются выходы гранитного фундамента на поверхность в виде россыпей, каменных глыб, матрасовидных отдельностей и больших плит нескольких разновидностей гранита.

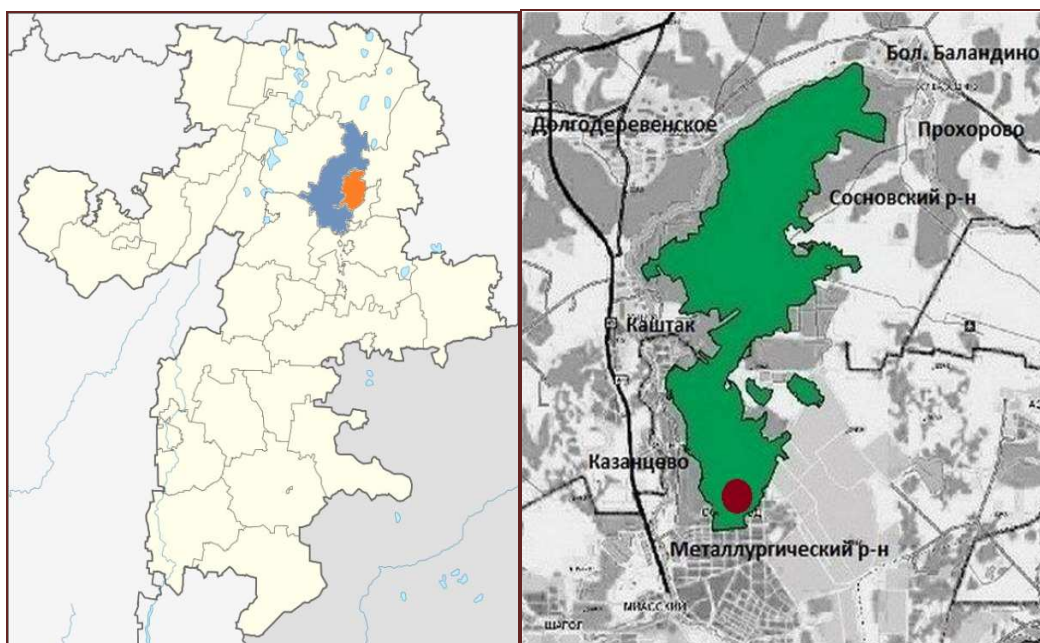


Рис. 1. Челябинский городской округ (выделено коричневым) и Сосновский район (выделено синим) на карте Челябинской области (слева) и местонахождение *Ischnoderma resinosum* на территории ботанического памятника природы «Каштакский бор» (красный кружок)

Это уникальный островной бор (как и Челябинский (городской) бор) – реликт перигляциальной лесостепи, экосистема, сформировавшаяся на рубеже верхнего плейстоцена и голоцена (около 10 тыс. лет назад) в период аридизации климата и отступления сплошной лесной зоны на север [33]. Его современная флора начала формироваться в середине голоцена – в Атлантикуме – около 7 тыс. лет назад [34].

Сегодня это не только ботанический памятник природы, но и территория, выполняющие важные экологические функции и активно использующиеся для рекреации. В центральной части Каштакского бора располагается крупный многоэтажный жилой комплекс («Соколиная гора»), базы отдыха, детские лагеря и другие объекты.

Основными лесообразующими породами являются *Pinus sylvestris* (сосна обыкновенная) и, на отдельных, нередко значительных по площади участках, – *Betula pendula* (береза повислая). Древостой разреженный, обычно одноярусный, средний возраст насаждений основных лесообразующих пород составляет 60–70 лет, максимальный (сосны) – 140–150 лет. Береза присутствует и в сосновых лесах и, часто, в культурах сосны; доля ее участия может достигать 20–30 % – образуются смешанные, сосново-березовые древостои.

В условиях достаточного увлажнения произрастает *Populus tremula* (осина), местами образующая выраженные парцеллярные структуры.

Во втором ярусе (если он выражен) преобладают *Malus sylvestris* (яблоня лесная), *Sorbus aucuparia* (рябина обыкновенная), в местах, подверженных рекреации и вблизи построек, – *Acer negundo* (клён ясенелистный), *Caragana arborescens* (карагана древовидная), *Ulmus laevis* (вяз гладкий) и *U. pumila* (вяз приземистый) заносного (семенного) происхождения. В условиях избыточного увлажнения (обычно вдоль ручьев) встречаются *Alnus glutinosa* (ольха черная), *Viburnum opulus* (калина обыкновенная) и *Prunus padus* (черемуха обыкновенная). В долине реки Миасс широко представлены *Salix alba* (ива белая) и *S. cinerea* (ива пепельная), а также *Alnus glutinosa*, иногда *Betula pubescens* (береза пушистая). В кустарниковом ярусе преобладают *Cotoneaster melanocarpus* (кизилник черноплодный), *Crataegus sanguinea* (боярышник кроваво-красный), *Cytisus ruthenicus* (раkitник русский), *Lonicera xylosteum* (жимолость настоящая), *Prunus tomentosa* (вишня войлочная), *Rubus idaeus* (малина обыкновенная), *Rosa cinnamomea* (шиповник майский), *Sambucus racemosa* (бузина красная).

Сохранившиеся естественные леса перемежаются с обширными участками лесопосадок (культур) сосны. Очень незначительные площади занимают культуры *Picea abies* (ель европейская) в северо-восточной части бора и *Larix sibirica* (лиственница сибирская) в юго-западной его части.

В зонах активной рекреации, у дорог, поселков и вблизи садовых товариществ имеются участки искусственных насаждений, состоящие из *Acer negundo*, *A. platanoides* (клен платановидный), *Fraxinus pennsylvanica* (ясень пенсильванский), *Ulmus laevis*, *U. pumila*, *Quercus robur* (дуб черешчатый) и *Caragana arborescens*. Обычно в них в небольшом количестве присутствуют сосна и береза.

Экспедиционные микологические исследования на территории Каштакского бора проводили в августе–сентябре 2023 г. Основной их целью было дальнейшее, детальное изучение ксилотрофных грибов этой ООПТ в условиях интенсивного антропогенного (главным образом, рекреационного) воздействия.

Использовали метод линейной трансекты, для чего закладывали маршруты, проходящие через наиболее характерные биотопы (длина одной трансекты составляла от 2,5 до 3,5 км). Плодовые тела грибов фотографировали и собирали в

плотные бумажные пакеты. Отмечали тип леса, породу (вид) дерева, категорию субстрата (живое дерево, сухостой, валежник, пни, древесные остатки в подстилке) и особенности распределения плодовых тел на субстрате.

Данные о числе находок того или иного вида грибов при одновременном проведении маршрута через основные биотопы позволили сделать самые общие заключения об их встречаемости.

Применяли следующие градации встречаемости (разработаны нами):

I – повсеместный (широко распространенный) – при проведении одного маршрутного учета средней протяженностью 3 км вид встречали многократно (более 10 раз, т.е. на десяти пространственно разобщенных субстратах, независимо от количества плодовых тел на них) и на всех маршрутах;

II – обычный – вид встречали от 5 до 10 раз и не на всех маршрутах (в 50 % случаев);

III – sporadически встречающийся – вид встречали менее 5 раз и не на всех маршрутах (менее 25 % случаев);

ед. – единичными находками признавали однократное обнаружение вида в течение сезона или всего цикла многолетних исследований.

Камеральную обработку и определение грибов частично проводили в природе, а в основном в лабораторных условиях с использованием микроскопов МБС-10 (особенности гимениального слоя) и Микмед-1 (микроскопия, главным образом спор).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее проведенные нами исследования показали, что в Каштакском бору встречается не менее 64 видов ксилотрофных базидиальных макромицетов. Наиболее разнообразен состав грибов сосново-березовых (46 видов) и березовых лесов (44 вида) [22].

При проведении очередного маршрутного учета 7 сентября 2023 г. в южной части Каштакского бора в Металлургическом районе (крайний северо-восток Челябинского городского округа) в разнотравном березовом лесу на валежнике березы был обнаружен новый вид не только для Каштакского бора, но и для микобиоты Челябинской области в целом – *Ischnoderma resinosum* (рис. 1., координаты находки: 55°16'16" с.ш., 61°23'03" в.д.).

Это один из фрагментов леса, где единственной лесообразующей породой является *Betula pendula*, во втором ярусе представлены *Malus sylvestris*, *Sorbus aucuparia*, а из кустарников преобладают *Cotoneaster melanocarpus*, *Crataegus sanguinea*, *Lonicera xylosteum*, *Rosa cinnatomea*. Травяной покров сформирован, в основном, из *Bromopsis inermis* (кострец безостый), *Elytrigia repens* (пырей ползучий), *Poa annua* (мятлик однолетний), *Fragaria vesca* (земляника лесная), *Lathyrus vernus* (чина весенняя), *Paris quadrifolia* (вороний глаз четырехлиственный), *Polygonatum odoratum* (купена аптечная), *Rubus saxatilis* (костяника каменистая).

Березняки здесь низкобонитетные (III, IV классы), приспевающие и спелые (50–70 лет), много фауных деревьев, деревьев с морозобоинами, язвами, дуплами, водяными побегами (в общей сумме до 60 %) и поражением бактериальной



водяной (на отдельных участках до 15 %). Сухостоя мало, но довольно много пней и разновозрастного валежника.

Два молодых плодовых тела ишнодермы смолистой произрастали на среднем по диаметру (26 см) валежном стволе. Древесина достаточно мягкая, влажная, местами рыхлая, на III стадии разрушения, видны признаки белой гнили. Других ксилотрофных грибов на этом субстрате мы не обнаружили.

Одна базидиома была взята в качестве гербарного образца (BVK 070923/2) (рис. 2).



Рис. 2. Гербарный образец плодового тела *Ischnoderma resinosum* (слева – вид сверху, справа – вид снизу)

Несмотря на регулярно проводимые исследования, мы и другие микологи этот вид грибов на Южном Урале ранее не находили. Можно предположить, что экстремальные по погодным условиям предыдущие годы, оказали существенное влияние на видовое богатство грибов почти на всей территории Челябинской области, когда даже некоторые обычные виды не плодоносили, а многие полностью переходили с сухостоя на валежник и формировали мелкие по размерам базидиомы. А большое количество осадков, выпавших в августе 2023 г., и благоприятные температурные условия словно «реанимировали» микобиоту и способствовали массовому плодоношению значительного числа видов. Среди многих, вполне типичных, характерных для обследуемых нами территорий видов, оказались не только редкие, но и новые для региона виды, причем их находки произошли далеко не в самых типичных, описанных в литературе, местообитаниях. Например, в этом же году мы впервые обнаружили редкий, малоизученный вид, вольвариеллу шелковистую (*Volvariella bombycina* (Schaeff.) Singer.), на валежнике березы в Челябинском (городском) бору. Но это уже предмет отдельного повествования.

Тот факт, что ишнодерма была найдена на территории памятника природы, подверженного значительной рекреационной нагрузке, требует организации многолетнего мониторинга за состоянием сообщества березового леса, где этот вид был впервые обнаружен, и проведения тщательных микологических исследований в тех лесных экосистемах, где существует вероятность его обнаружения. Кроме того, необходимо учитывать, что *Ischnoderma resinosum* предпочитает приспевающие, спелые и, даже перестойные леса [31, 32], площади которых в Челябинской области

стремительно сокращаются из-за изменения возраста рубок, сплошных санитарных рубок и недопонимания значения таких насаждений в поддержании экологического баланса и биологического разнообразия [32, 35].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Ишнодерма смолистая – впервые обнаруженный в нашем регионе ксилотрофный агарикомицет, требующий проведения специальных исследований и, безусловно, нуждающийся в охране. Учитывая и то обстоятельство, что этот вид внесен в Красную книгу Свердловской области [32], мы считаем необходимым включить её в третье издание Красной книги Челябинской области в категории статуса редкости IV – вид с неопределенным статусом.

### **Список литературы**

1. Александровская Л. Н. К флоре базидиальных грибов лесостепи Южного Зауралья / Л. Н. Александровская, А. С. Лобанова. – Вопросы биологии растений. – Челябинск, 1968. – С. 87–100.
2. Головина Т. А. Состояние изученности афиллофороидных грибов Челябинской обл. / Т. А. Головина – Экология в высшей школе: синтез науки и образования: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., 30 марта – 1 апреля 2009 г. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2009а. Ч. 1. – С. 20–23.
3. Головина Т. А. Изучение биоты ксилотрофных базидиомицетов Челябинского городского бора / Т. А. Головина – Изучение грибов в биоценозах: сб. материалов V Междунар. конф. (Пермь, 7–13 сентября 2009 г.). – Пермь: Пермский гос. пед. ун-т, 2009б. – С. 65–69.
4. Головина Т. А. Новые данные о распространении видов грибов, внесенных в Красную книгу Челябинской области / Т. А. Головина. – Труды XIII конгресса РБО. Том 1. – Тольятти, 2013. – С. 148–150.
5. Головина Т. А. Новые находки редких представителей микофлоры хвойных лесов Челябинской области / Т. А. Головина. – Современная микология в России: Материалы 4 Съезда микологов России. – 2017. – С. 210–211.
6. Картавенко Н. Т. Грибные болезни сосны островных боров лесостепи Зауралья / Н. Т. Картавенко. – Труды Института биологии Уральского филиала АН СССР. – Свердловск, 1960. – Вып. 15. – С. 107–130.
7. Картавенко Н. Т. Редкие виды грибов, обнаруженные на Урале / Н. Т. Картавенко // Ботанические материалы Отдела споровых растений Ботанического института им. В. Л. Комарова АН СССР. – 1961. – 14. – С. 189–196.
8. Картавенко Н. Т. Грибная флора лесов Ильменского заповедника / Н. Т. Картавенко // Труды Ильменского государственного заповедника им. В. И. Ленина УФАИ АН СССР. – 1961. – Вып. 9. – С. 85–101.
9. Красуцкий Б. В. Первые данные о ксилотрофных базидиальных грибах (Fungi, Basidiomycetes) Челябинского городского бора / Б. В. Красуцкий // Вестник Ишимского государственного педагогического института. – 2013. – № 6 (12). – С. 39–45.
10. Красуцкий Б. В. Предварительные материалы о ксилотрофных базидиальных грибах (Fungi, Basidiomycetes) Аршинского государственного природного комплексного заказника / Б. В. Красуцкий. // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2014. – № 4(12). – С. 64–69. URL: [http://vestospu.ru/archive/2014/articles/5\\_12\\_2014.pdf](http://vestospu.ru/archive/2014/articles/5_12_2014.pdf).
11. Красуцкий Б. В. Первые данные о ксилотрофных базидиальных грибах Нязепетровского заказника (Челябинская область) / Б. В. Красуцкий // Ученые записки Челябинского отделения Русского Ботанического общества. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2017. – Вып. 1. – С. 20–27.

12. Красуцкий Б. В. Высшие грибы и грибоподобные организмы Каштакского бора / Б. В. Красуцкий. – Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Челябинск, 18–20 сентября 2019 г.). – Челябинск: Край Ра, 2019. – С. 47–58.
13. Красуцкий Б. В. Новые находки грибов из Красной книги Челябинской области / Б. В. Красуцкий. – Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Челябинск, 2020. – С. 26–32.
14. Красуцкий Б. В. Материалы к изучению ксилотрофных базидиальных грибов некоторых особо охраняемых природных территорий Челябинской области / Б. В. Красуцкий, Т. А. Головина. – Проблемы географии Урала и сопредельных территорий: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Челябинск, 2020. – С. 32–40.
15. Красуцкий Б. В. Новые регистрации растений, грибов и беспозвоночных Красной книги Челябинской области / Б. В. Красуцкий, В. А. Гашек, В. Е. Поляков. – Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (Челябинск, 8–10 октября 2021 г.). – Челябинск: Край Ра, 2021. – С. 184–188.
16. Красуцкий Б. В. Некоторые материалы к изучению ксилотрофных базидиомицетов лесной зоны и подзоны северной лесостепи Челябинской области / Б. В. Красуцкий, Т. А. Головина. // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал – 2021. – № 2 (38). – С. 39–60. URL: [http://vestospu.ru/archive/2021/articles/4\\_2\\_2021.html.pdf](http://vestospu.ru/archive/2021/articles/4_2_2021.html.pdf). DOI: 10.32516/2303-9922.2021.38.4.
17. Красуцкий Б. В. Новые данные о ксилотрофных базидиомицетах памятников природы «Челябинский (Городской) бор» и «Каштакский бор» (Челябинская область, Россия) / Б. В. Красуцкий, Т. А. Головина. – Микология и фитопатология. – 2021. – Т. 55, № 4. – С. 271–284.
18. Красуцкий Б. В. Материалы к изучению ксилотрофных базидиомицетов Ашинского природного биологического заказника (Челябинская область) / Б. В. Красуцкий, М. А. Пашков // Ученые записки Челябинского отделения Русского ботанического общества. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2022. – Вып. 6. – С. 52–65.
19. Красуцкий Б. В. Охраняемые грибы-трутовики (Basidiomycota, Polyporales) в Карагайском природном биологическом заказнике (Челябинская область) / Б. В. Красуцкий, В. А. Гашек // Ученые записки Челябинского отделения Русского ботанического об-ва. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2023. – Вып. 8. – С. 61–69.
20. Красуцкий Б. В. Новые находки грибов из Красной книги Челябинской области / Б. В. Красуцкий, Т. А. Головина. – Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. – 2023. – № 3 (47). – С. 58–76. URL: [http://vestospu.ru/archive/2023/articles/4\\_47\\_2023.pdf](http://vestospu.ru/archive/2023/articles/4_47_2023.pdf). DOI: 10.32516/2303-9922.2023.47.4.
21. Степанова-Картавенко Н. Т. Афиллофоровые грибы Урала / Н. Т. Степанова-Картавенко. – Тр. Ин-та экологии растений и животных Уральского филиала АН СССР. – Свердловск, 1967. – Вып. 50. – 295 с.
22. Степанова Н. Т. Грибы порядка Aphyllophorales в лесах Ильменского государственного заповедника им. В. И. Ленина. / Н. Т. Степанова, З. А. Демидова. – Микологические исследования на Урале. – Свердловск, 1977. – С. 3–22.
23. Степанова Н. Т. К флоре агариковых грибов и гастеромицетов Урала / Н. Т. Степанова, А. В. Сирко. – Микологические исследования на Урале. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1977. – С. 51–106.
24. Ушакова Н. В. Конспект биоты трутовых грибов Уральской горной страны. Рукопись / Н. В. Ушакова. – Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2007. – 54 с.
25. Ширяев А. Г. Дополнение к списку афиллофоровых грибов Ильменского государственного заповедника / А. Г. Ширяев // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отделение биологии. – 2017. – Т. 122, Вып. 5. – С. 50–59.
26. Ширяев А. Г. Биоразнообразие афиллофоровых грибов Урала / А. Г. Ширяев, В. А. Мухин, Х. Котиранта, И. В. Ставищенко, С. П. Арефьев, М. А. Сафонов, Д. А. Косолапов. – Биологическое разнообразие растительного мира Урала и сопредельных территорий: материалы Всерос. конф. – Екатеринбург, 2012. – С. 311–313.

27. Kotiranta H. Polypore (Aphyllophorales, Basidiomycetes) studies in Russia. 1. South Ural / V. A. Mukhin, N. V. Ushakova, Yu-Ch. Dai. – *Annales Botanici Fennici*. – 2005. – Vol. 42. – P. 427–451.
28. Большаков С. Ю. Афиллофороидные грибы европейской части России: аннотированный список видов / С. В. Волобуев, О. Н. Ежов, Е. А. Паломожных, К. О. Потапов. [Отв. ред. С. Ю. Большаков, С. В. Волобуев]. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2022. – 578 с.
29. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок Афиллофоровые. Вып. 2. Семейства альбатрелловые, апорпиевые, болетопсиевые, бондарцевиевые, ганодермовые, кортициевые (виды с порообразным гименофором), лахнокладиевые (виды с трубчатым гименофором), полипоровые (роды с трубчатым гименофором), пориевые, ригидопоровые, феоловые, фистулиновые) / Бондарцева М. А. [Отв. ред. А. Е. Коваленко]. – СПб.: Наука, 1998. – 391 с.
30. Микобиота аридных территорий юго-запада России / Отв. ред. Ю. А. Ребриев. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2012. – 88 с.
31. Красная книга Нижегородской области. Том 2. Сосудистые растения, моховидные, водоросли, лишайники, грибы. – 2-е изд. / Научн. ред. А. В. Чкалов. – Калининград: Издательский дом «РОСТ-ДОАФК», 2017. – 304 с.
32. Красная книга Свердловской области: животные, растения и грибы / Отв. ред. Н. С. Корытин. – Екатеринбург: ООО Мир, 2018. – 450 с.
33. Крашенинников И. М. Сосновые боры Челябинского уезда / И. М. Крашенинников, В. М. Крашенинников. – Изв. Императ. Ботан. сада. – 1905. – Т. 5, № 4. – С. 143–152.
34. Меркер В. В. Флора Челябинского (городского) соснового бора / В. В. Меркер // Ученые записки Челябинского отделения Русского Ботанического общества. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2020. – Вып. 3. – С. 35–75.
35. Власова Л. П. Проблемы охраны окружающей среды и сохранения лесов на региональных ООПТ Челябинской области / Л. П. Власова, В. А. Гашек, Б. В. Красуцкий, Н. М. Самойлова. – Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Челябинск, 18–20 сентября 2019 г.). – Челябинск: Край Ра, 2019. – С. 298–308.

## ***ISCHNODERMA RESINOSUM* (Schrad.) P. Karst.) IS A NEW SPECIES IN THE MYCOBIOTA OF THE CHELYABINSK REGION**

*Krasutsky B. V.*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia*

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

*E-mail: boris\_k.63@mail.ru*

During expeditionary research in September 2023 in the southern part of the botanical natural monument «Kashtaksky Bor» (Chelyabinsk region) in the Metallurgical region (extreme northeast of the Chelyabinsk urban district) in a mixed-grass birch forest on birch deadwood, a new species was discovered not only for Kashtaksky forest, but also for the mycobiota of the Chelyabinsk region as a whole – *Ischnoderma resinosum* (Schrad.) P. Karst. (find coordinates: 55°16'16" N, 61°23'03" E). This is one of the fragments of the forest, where the only forest-forming species is *Betula pendula*, *Malus sylvestris*, *Sorbus aucuparia* are represented in the second tier, and *Cotoneaster melanocarpus*, *Crataegus sanguinea*, *Lonicera xylosteum*, *Rosa cinnamomea* predominate from the shrubs. The grass cover is formed mainly from *Bromopsis inermis*, *Elytrigia*

*repens*, *Poa annua*, *Fragaria vesca*, *Lathyrus vernus*, *Paris quadrifolia*, *Polygonatum odoratum*, *Rubus saxatilis*. The birch forests here are of low quality (III, IV classes), ripening and ripe (50–70 years old), there are many fault trees, trees with frost holes, ulcers, hollows, water shoots (up to 60 % in total) and damage from bacterial dropsy (in some areas up to 15 %). There is little dead wood, but quite a lot of stumps and dead wood of different ages. Two young fruiting bodies of *Ischnoderma resinosum* grew on a dead trunk of medium diameter (26 cm). The wood is quite soft, moist, loose in places, at stage III of destruction, signs of white rot are visible. We did not find any other xylotrophic fungi on this substrate. One fruit body was taken as a sample for a mycological herbarium. Despite mycological research actively carried out over the past two decades in the Chelyabinsk region in general and in the Kashtaksky forest in particular, this species has not been found until recently. And the fact that *Ischnoderma* was found on the territory of a natural monument subject to significant recreational pressure requires organizing long-term monitoring of the state of the birch forest community where this species was first discovered, and conducting thorough mycological studies in those forest ecosystems where there is a possibility of its discovery. In addition, it is necessary to take into account that *Ischnoderma resinosum* prefers ripening, mature and even overmature forests, the areas of which in the Chelyabinsk region are rapidly declining due to changes in the age of logging, clear sanitary felling and misunderstanding of the importance of such plantings in maintaining the ecological balance and biological diversity. Included in the Red Data Book of the Sverdlovsk Region in rarity status category III – a rare species and in the Red Data Book of the Nizhny Novgorod Region in rarity status category B – vulnerable species. We consider it necessary to include it in the third edition of the Red Data Book of the Chelyabinsk Region in the rarity status category IV – a species with an uncertain status.

**Keywords:** Chelyabinsk region, Kashtak forest, xylotrophic agaricomycetes, Red Data Book.

#### References

1. Alexandrovskaya L. N., Lobanova A. S. On the flora of basidial fungi of the forest-steppe of the Southern Trans-Urals. *Questions of plant biology*. Chelyabinsk. 87 (1968).
2. Golovina T. A. The state of knowledge of aphylophoroid fungi of the Chelyabinsk region, Ecology in higher school: synthesis of science and education: *Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference*, March 30–April 1, 2009. Chelyabinsk: Publishing House of the Chelyabinsk State Pedagogical University. Part 1. p. 20 (2009a).
3. Golovina T. A. Studying the biota of xylotrophic basidiomycetes of the Chelyabinsk urban forest, Studying fungi in biocenoses: *Collection of materials of the V International Conference* (Perm, September 7–13, 2009). Perm: Perm State Pedagogical University. p. 65 (2009b).
4. Golovina T. A. New data on the distribution of fungal species included in the Red Book of the Chelyabinsk region. *Proceedings of the XIII Congress of the RBO*. Volume 1. Tolyatti. 148 (2013).
5. Golovina T. A. New finds of rare representatives of the mycoflora of coniferous forests of the Chelyabinsk region. *Modern mycology in Russia: Materials of the 4th Congress of Mycologists of Russia*. 210 (2017).
6. Kartavenko N. T. Fungal diseases of pine island pine forests of the Trans-Urals. *Proceedings of the Institute of Biology of the Ural Branch of the USSR Academy of Sciences*. Issue 15. Sverdlovsk. 107 (1960).

7. Kartavenko N. T. Rare species of fungi found in the Urals. *Botanical materials of the Department of spore plants of the V. L. Komarov Botanical Institute of the USSR Academy of Sciences*. **14**. 189 (1961).
8. Kartavenko N. T. Mushroom flora of the forests of the Ilmen Reserve. *Proceedings of the Ilmen State Reserve named after V. I. Lenin UFAN of the USSR Academy of Sciences*. **9**. 85 (1961).
9. Krasutsky B. V. The first data on xylotrophic basidial fungi (Fungi, Basidiomycetes) of the Chelyabinsk urban forest. *Bulletin of the Ishim State Pedagogical Institute*. **6** (12). 39 (2013).
10. Krasutsky B. V. Preliminary materials on xylotrophic basidial fungi (Fungi, Basidiomycetes) of the Arshinsky State Natural Complex Reserve. *Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University. Electronic scientific journal*. **4**(12). 64. (2014). URL: [http://vestospu.ru/archive/2014/articles/5\\_12\\_2014.pdf](http://vestospu.ru/archive/2014/articles/5_12_2014.pdf).
11. Krasutsky B. V. The first data on xylotrophic basidial fungi of the Nyazepetrovsky reserve (Chelyabinsk region). *Scientific notes of the Chelyabinsk branch of the Russian Botanical Society*. Chelyabinsk: Publishing House of the Chelyabinsk State University, **1**. 20 (2017).
12. Krasutsky B. V. Higher fungi and mushroom-like organisms of the Kashtak forest. Geographical space: balanced development of nature and society: *Materials of the International scientific and practical conference* (Chelyabinsk, 18–20 September 2019). Chelyabinsk: Krai Ra. p. 47.
13. Krasutsky B. V. New finds of mushrooms from the Red Book of the Chelyabinsk region. Problems of geography of the Urals and adjacent territories: *Materials of the II International Scientific and Practical Conference*. Chelyabinsk, 26 (2020).
14. Krasutsky B. V., Golovina T. A. Materials for the study of xylotrophic basidial fungi of some specially protected Natural territories of the Chelyabinsk region // Problems of geography of the Urals and adjacent territories: *Materials of the II International Scientific and Practical Conference*. Chelyabinsk. 32 (2020).
15. Krasutsky B. V., Gashek V. A., Polyakov V. E. New registrations of plants, fungi and invertebrates of the Red Book of the Chelyabinsk region. Geographical space: balanced development of nature and society: *Materials of the II International Scientific and Practical Conference* (Chelyabinsk, October 8–10, 2021). Chelyabinsk: Krai Ra. p. 184.
16. Krasutsky B. V., Golovina T. A. Some materials for the study of xylotrophic basidiomycetes of the forest zone and subzone of the northern forest-steppe of the Chelyabinsk region. *Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University. Electronic scientific journal*. **2** (38). 39 (2021). URL: [http://vestospu.ru/archive/2021/articles/4\\_2\\_2021.html.pdf](http://vestospu.ru/archive/2021/articles/4_2_2021.html.pdf). DOI: 10.32516/2303-9922.2021.38.4.
17. Krasutsky B. V., Golovina T. A. New data on xylotrophic basidiomycetes of natural monuments «Chelyabinsk (Urban) forest» and «Kashtaksky forest» (Chelyabinsk region, Russia). *Mycology and Phytopathology*. **55**. 4. 271 (2021).
18. Krasutsky B. V., Pashkov M. A. Materials for the study of xylotrophic basidiomycetes of the Ashinsky Natural Biological Reserve (Chelyabinsk region). *Scientific notes of the Chelyabinsk branch of the Russian Botanical Society*. Chelyabinsk: Publishing House of Chelyabinsk State University. **6**. 52 (2022).
19. Krasutsky B.V., Gashek V.A. Protected tinder mushrooms (Basidiomycota, Polyporales) in the Karagai Natural Biological Reserve (Chelyabinsk region). *Scientific notes of the Chelyabinsk branch of the Russian Botanical Region*. Chelyabinsk: Publishing House of Chelyabinsk State University. **8**. 61 (2023).
20. Krasutsky B. V., Golovina T. A. New finds of mushrooms from the Red Book of the Chelyabinsk region // *Bulletin of the Orenburg State Pedagogical University. Electronic scientific journal*. **3**(47). 58 (2023). URL: [http://vestospu.ru/archive/2023/articles/4\\_47\\_2023.pdf](http://vestospu.ru/archive/2023/articles/4_47_2023.pdf). DOI: 10.32516/2303-9922.2023.47.4.
21. Stepanova-Kartavenko N. T. Aphylloporous fungi of the Urals. *Tr. In. Ecology of plants and animals of the Ural Branch of the USSR Academy of Sciences*. Sverdlovsk. **50**. 295 p. (1967).
22. Stepanova N. T., Demidova Z. A. Fungi of the order Aphylloporales in the forests of the Ilmen State Reserve named after V. I. Lenin. *Mycological research in the Urals*. Sverdlovsk. 3 (1977).
23. Stepanov N. T., Sirko A.V. To the flora of agarics fungi and gasteromycetes of the Urals. *Mycological studies in the Urals*. Sverdlovsk: UNC of the USSR Academy of Sciences. 51 (1977).
24. Ushakova N. V. Synopsis of the biota of tinder mushrooms of the Ural mountain country. The manuscript. Yekaterinburg: IERiZ UrO RAS. 54 (2007).
25. Shiryaev A. G. Supplement to the list of aphylloporous mushrooms of the Ilmen State Reserve. *Bulletin of the Moscow Society of Nature Testers. Department of Biology*. **122**. 5. 50 (2017).

26. Shiryaev A. G., Mukhin V. A., Kotiranta H., Stavishenko I. V., Arefyev S. P., Safonov M. A., Kosolapov D. A. Biodiversity of aphyllorhous fungi of the Urals. Biological diversity of the flora of the Urals and adjacent territories: *Materials Vseros. conf.* Yekaterinburg. 311 (2012).
27. Kotiranta H., Mukhin V. A., Ushakova N. V., Dai Yu-Ch. Polypore (Aphyllorhales, Basidiomycetes) studies in Russia. 1. South Ural. *Annales Botanici Fennici*. **42**. 427 (2005).
28. Bolshakov S. Yu., Volobuev S. V., Yezhov O. N., Palomozhnykh E. A., Potapov K. O. Aphyllorhoid fungi of the European part of Russia: annotated list of species [Ed. S. Y. Bolshakov, S. V. Volobuev]. St. Petersburg: Publishing house of SPbSETU «LETI». 578. (2022).
29. Bondartseva M. A. Determinant of mushrooms of Russia. The order is Aphyllorhous. Vol. 2. Families Albatrellaceae, Aporpium, Boletopsiaceae, Bondarcevaceae, Ganodermaceae, Corticiaceae (species with poroid hymenophore), Lachnocladium (species with tubular hymenophore), Polypore (genera with tubular hymenophore), Porium, Rigidopore, Pheolaceae, Fistulinaceae) [Ed. by A. E. Kovalenko]. St. Petersburg: Nauka. 391 (1998).
30. The Red Data Book of the Nizhny Novgorod region. Volume 2. Vascular plants, mossy, algae, lichens, fungi. – 2nd ed. [Scientific ed. A.V. Chkalov]. Kaliningrad: Publishing House «ROST-DOAFK». 304 (2017).
31. The Red Data Book of the Sverdlovsk region: animals, plants and fungi [ed. N. S. Korytin]. Yekaterinburg: Mir LLC. 450 (2018)
32. Mycobiota of arid territories of the south-west of Russia [Ed. Yu. A. Rebriev]. Rostov-on-Don: Publishing House of the Southern Federal University. 88 (2012).
33. Krasheninnikov I. M., Krasheninnikova V. M. Pine forests of the Chelyabinsk district. *Izv. Imperat. Nerd. garden*. **5**(4). 143 (1905).
34. Merker V. V. Flora of Chelyabinsk (urban) pine forest. *Scientific notes of the Chelyabinsk branch of the Russian Botanical Society*. Chelyabinsk: Publishing House of Chelyabinsk State University. **3**. 35 (2020).
35. Vlasova L. P. Gashek V. A., Krasutsky B. V. Samoylova N. M. Problems of environmental protection and forest conservation in regional protected areas of the Chelyabinsk region. Geographical space: balanced development of nature and society: *Materials of the International Scientific and practical conference* (Chelyabinsk, September 18–20, 2019). – Chelyabinsk: Krai Ra. p, 298.

УДК 595.789-19(470.55)

**ЧЕЛНОВИДКА *SCAPHIDIUM QUADRIMACULATUM* Olivier, 1790  
(COLEOPTERA, STAPHYLINIDAE) – НОВЫЙ ВИД В ФАУНЕ  
ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Красуцкий Б. В.*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup>Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия

E-mail: boris\_k.63@mail.ru

При проведении экспедиционных исследований в июне 2023 г. в южной части ботанического памятника природы «Челябинский (городской) бор» (Челябинская область), в березово-сосновом разнотравном лесу, в плодовых телах *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Kumm. на валежнике березы *Betula pendula* был обнаружен жук-челновидка *Scaphidium quadrimaculatum* Olivier, 1790. Две особи имаго питались мякотью молодых плодовых тел. Личинки этого вида обнаружены не были. Несмотря на то, что изучение ксило-мицетофильных энтомокомплексов в регионе мы проводим уже более 30 лет, на территории Челябинской области в целом и в Челябинском бору в частности, этот вид жесткокрылых до последнего времени не находили.

Выявлены основные лимитирующие факторы и предложены меры по сохранению популяции.

**Ключевые слова:** Челябинская область, Челябинский (городской) бор, челновидки, *Scaphidium quadrimaculatum*, ксилотрофные грибы, *Pleurotus pulmonarius*.

## ВВЕДЕНИЕ

Челновидки, сегодня рассматриваемые как подсемейство Scaphidiinae в составе семейства Staphylinidae, в фауне России и сопредельных территорий представлены не менее чем 31 видом из 7 родов [1–4]. Это, преимущественно, лесные жуки-мицетофаги, в своей биологии тесно связанные с грибами, главным образом, древесными, а также заселяющие гниющую древесину, покрытые плесенью веточки и заплесневелый листовой опад [5–14].

Один из наиболее ярких представителей подсемейства – *Scaphidium quadrimaculatum* Olivier, 1790 – евро-кавказско-сибирско-переднеазиатский вид, широко распространенный в Европе, Передней Азии, в республиках Беларусь, Молдова, Украина, на территории европейской части России, на Кавказе, на Урале и в Сибири [8].

Это самая крупная в фауне России челновидка – длина тела 4.9–6.0 мм. Верх голый, сильно блестящий. Тело черное, каждое надкрылье с двумя красными поперечными пятнами. Усики и лапки обычно коричневые, последние стерниты брюшка нередко красноватые. Голова довольно узкая, с длинными щеками. Лоб в очень мелкой и рассеянной пунктировке. Глаза крупные, мелкофасеточные, с сильной вырезкой на переднем крае (у основания усиков), не выступают из контура



головы. Мандибулы с зубцами. Челюстные щупики 4-члениковые, губные щупики 3-члениковые. Усики длинные, тонкие, 11-члениковые, с резкой 5-члениковой булавой. Переднеспинка трапециевидная, с заостренными задними углами и неокаймленными закругленными боковыми краями, ее основание с поперечным рядом из крупных точек. Щиток маленький, но явственный. Надкрылья заметно длиннее переднеспинки, в неупорядоченной пунктировке, но с ярко выраженной пришовной бороздкой, которая в области щитка отворачивает наружу и идет вдоль основания надкрыльев почти до их каймы. Крылья развиты, жилкование стафилиноидного типа, но упрощенное. Брюшко с 8 видимыми тергитами и 6 стернитами у обоих полов. Нижняя сторона тела сильно выпуклая. Переднегрудь очень короткая, перед передними тазиками с коротким межтазиковым выступом. Передние тазики конические, выступающие и соприкасающиеся. Среднегрудь короткая, заднегрудь крупная, у самцов с широким срединным вдавлением, покрытым густыми золотистыми волосками. Средние и задние тазики сильно раздвинуты. Вертлуги маленькие, бедра довольно тонкие, в срединной части слегка расширенные, голени тонкие, слабоизогнутые, все лапки 5–5–5 [1–3].

Жуки заселяют различные, преимущественно, ксилофильные, очень редко, напочвенные грибы: *Armillaria mellea* [10], *Boletus edulis* [11], *Bjerkandera adusta* [13], *Cerioporus squamosus* [12], *Cerrena unicolor* [8, 12], *Fomes fomentarius* [6, 8], *Fomitopsis betulina* [12], *Fomitopsis pinicola* [11], *Ganoderma applanatum* [8], *Gloeoporus acidulus* [8, 13], *Laetiporus sulphureus* [8, 12], *Lentinus cyathiformis* [14], *Lentinus tigrinus* [14], *Lenzites betulinus* [12], *Phlebia centrifuga* [8, 13], *Pleurotus pulmonarius* [8, 12, 13], *Trametes gibbosa* [11], *Trametes hirsuta* [11, 12], *Trametes versicolor* [8], *Trichaptum biforme* [8, 13], но личинки развиваются в *Oxyporus corticola* [8, 12], *Oxyporus* sp. [8] и *Stecherinum ochraceum* [8, 14]. В целом биология вида изучена недостаточно.

Некоторые морфологические особенности личинок (вальковатая форма тела, укороченные урогомфы, ориентированные кверху стигмы) позволяют считать этот вид криптомицетобионтом – мицетофагом, прогрызающим ходы в толще плодового тела [9].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение ксило-мицетофильных сообществ на территории Челябинской области мы начали еще в 1990 году, но наиболее активно проводим в последние два десятилетия; их главные итоги опубликованы в серии публикаций [7, 14–20]. В Челябинском (городском) бору эти работы выполняем с 2006 г. по настоящее время.

Ботанический памятник природы регионального значения «Челябинский (городской) бор» (дата создания: 21.01.1969 г.; общая площадь: 1130.5 га, площадь охранной зоны: 14.8 га) находится в черте города: с запада, севера и востока окружен городскими постройками, а на юге вплотную подходит к Шершневскому водохранилищу (рис. 1). В географическом плане территория бора расположена между параллелями 55°16'88" и 55°12'38" северной широты и меридианами 61°30'70" и 61°36'90" восточной долготы.

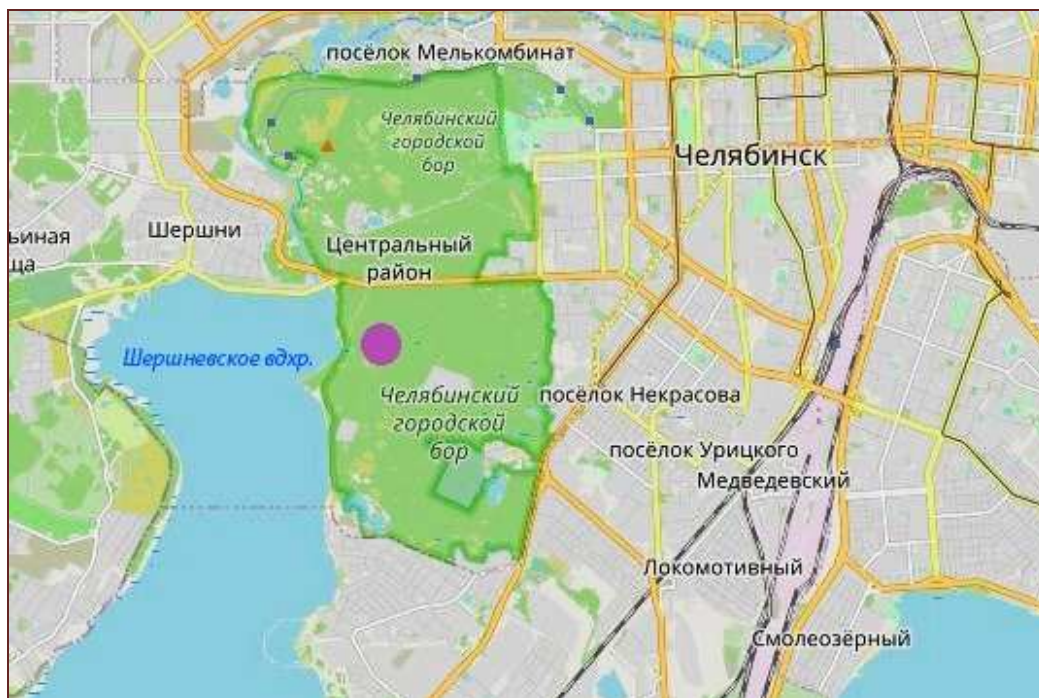


Рис. 1. Челябинский (городской) бор и местонахождение челновидки *Scaphidium quadrimaculatum* на его территории (малиновый кружок).

В Центральном районе г. Челябинска бор расположен по правому берегу р. Миасс на Челябинском гранитном массиве и возвышается над уровнем реки на 25–60 м. Во многих местах имеются выходы гранитного фундамента на поверхность в виде россыпей, каменных глыб, матрасовидных отдельностей и больших плит нескольких разновидностей гранита.

Это уникальный островной бор – реликт перигляциальной лесостепи, экосистема, сформировавшаяся на рубеже верхнего плейстоцена и голоцена (около 10 тыс. лет назад) в период аридизации климата и отступления сплошной лесной зоны на север [19]. Его современная флора начала формироваться в середине голоцена – в Атлантикуме – около 7 тыс. лет назад [20]. Сегодня это не только ботанический памятник природы, но и территория, выполняющие важные экологические функции и активно используемая для рекреации. Ежегодно Челябинский бор посещает не менее 3 млн. человек, на его территории находятся три карьера, два поселка и действующее кладбище.

Основными лесообразующими породами являются *Pinus sylvestris* (сосна обыкновенная) и, на отдельных участках, – *Betula pendula* (береза повислая). Древостой разреженный, обычно одноярусный, средний возраст насаждений основных лесообразующих пород составляет 60–70 лет, максимальный (сосны) – 140–150 лет. Естественные сосновые леса занимают до 54 % площади бора и представлены разнотравными, папоротниково-разнотравными, разнотравно-

злаковыми, мохово-разнотравными и брусничными типами. Культуры сосны представлены на 30 % площади. Березовые разнотравные леса в сумме занимают не более 10 % площади; береза также присутствует в естественных сосновых лесах и, нередко, в посадках сосны – образуются смешанные, сосново-березовые древостой.

В условиях достаточного увлажнения произрастает *Populus tremula* (осина), местами образующая выраженные парцеллярные структуры. В восточной части встречаются небольшие мертвопокровные насаждения *Tilia cordata* (липа сердцелистная).

Во втором ярусе (если он выражен) преобладают *Malus sylvestris* (яблоня лесная), *Sorbus aucuparia* (рябина обыкновенная), в местах, подверженных рекреации и вблизи построек, – *Acer negundo* (клён ясенелистный), *Caragana arborescens* (карагана древовидная), *Ulmus laevis* (вяз гладкий) и *U. pumila* (вяз приземистый) заносного (семенного) происхождения. В условиях избыточного увлажнения (обычно вдоль ручьев) встречаются *Alnus glutinosa* (ольха черная), *Viburnum opulus* (калина обыкновенная) и *Prunus padus* (черемуха обыкновенная). В долине реки Миасс широко представлены *Salix alba* (ива белая) и *S. cinerea* (ива пепельная), а также *Alnus glutinosa*, иногда *Betula pubescens* (береза пушистая). В кустарниковом ярусе преобладают *Cotoneaster melanocarpus* (кизилник черноплодный), *Crataegus sanguinea* (боярышник кроваво-красный), *Cytisus ruthenicus* (раkitник русский), *Lonicera xylosteum* (жимолость настоящая), *Prunus tomentosa* (вишня войлочная), *Rubus idaeus* (малина обыкновенная), *Rosa cinnamomea* (шиповник майский), *Sambucus racemosa* (бузина красная).

Незначительные площади занимают культуры *Larix sibirica* (лиственница сибирская) и *Quercus robur* (дуб черешчатый).

В зонах активной рекреации, у дорог, поселков и вблизи хозяйственных и иных построек имеются участки насаждений, состоящие из *Acer negundo*, *A. platanoides* (клен платановидный), *Fraxinus pennsylvanica* (ясень пенсильванский), *Ulmus laevis*, *U. pumila* и *Caragana arborescens*. Обычно в них в небольшом количестве присутствуют сосна и береза.

В 2023 году экспедиционные исследования на территории Челябинского бора мы проводили в мае–июне. Основной их целью было дальнейшее, детальное изучение сообществ жесткокрылых, связанных с ксилотрофными агарикомицетами этой ООПТ в условиях различного по интенсивности антропогенного (главным образом, рекреационного) воздействия.

Материалом для работы были жуки, собранные на маршрутах и на пробных площадках с поверхности и из толщи плодовых тел грибов и их мицелиального слоя (под корой и в древесине).

Методика складывалась из следующих основных моментов (рис 2).

Во время маршрутных учетов проводили изучение заселенности грибов жуками, собирали насекомых с поверхности плодовых тел, отделяли грибы от субстрата, помещали их в индивидуальные бумажные пакеты и брали образцы участков коры и древесины для последующего изучения в лаборатории.

Заселенность грибов определяли отношением числа заселенных плодовых тел к общему их числу во взятой выборке. Так мы могли оценить привлекательность конкретных видов грибов для насекомых в качестве среды (субстрата) обитания.



Рис. 2. Основные фрагменты методики исследований.

В ходе исследований на пробных площадках проводили постоянный мониторинг за появлением плодовых тел и процессами их заселения на различных стадиях существования, изучали сезонные изменения в составе мицетофильных энтомокомплексов и характер взаимоотношений насекомых с грибами и между собой.

Для удобства изучения сообществ обитателей грибов в зависимости от физиологического состояния плодовых тел и степени разрушения насекомыми и другими беспозвоночными животными применяли классификацию стадий их существования [16].

Пищевые связи имаго и личинок жуков изучали в природе и в лабораторных условиях с использованием садковых методик (садками послужили завязанные сверху марлей стеклянные стаканы на  $\frac{2}{3}$  заполненные древесными опилками). Наблюдали за особенностями питания личинок, отмечали их локализацию в определенных частях базидиом (трама, гимениальный слой) и успешность развития, т.е. достижение имагинальной стадии. Небольшие фрагменты плодовых тел без видимых повреждений (полагали, что в них могли быть отложены яйца насекомых) помещали в пронумерованные алюминиевые стаканчики, которые ставили в темное место и в течение 3–4 месяцев периодически проверяли, выбирая появившихся жуков.

Для анализа пищевых связей жуков-мицетофагов с грибами использовали коэффициенты предпочтения, отражающие долю участия конкретных видов грибов в общем пищевом рационе насекомых, т.е. их пищевые предпочтения. Например, если жук  $N$  развивается в плодовых телах грибов  $A, B, C, D, E$ , то коэффициент предпочтения ( $K_n$ ) им гриба  $A$  будет:

$$K_n = N(A) = \frac{A}{A + B + C + D + E},$$

где значения  $A, B, C, D, E$  соответствуют количеству плодовых тел, заселяемых жуком  $N$ .

Благодаря такому подходу стало возможным выявлять основные направления гостальной специализации конкретных видов, родов и семейств жуков в отношении преобладающих в районах исследований видов грибов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее челновидку *Scaphidium quadrimaculatum* мы находили на Среднем Урале в Висимском заповеднике [7, 14], в подтаежных [13, 16, 18] и южнотаежных [14, 16] лесах Западной Сибири. В Висимском заповеднике жук был найден на старом березовом пне с грибами *Stecherium ochraceum* [7], в Припышминских борах Западной Сибири (Талицкий р-н Свердловской обл.) – на *Pleurotus pulmonarius* [18], в Притобольных лесах (Ярковский р-н Тюменской обл.) – на *Lentinus cyathiformis* и *L. tigrinus* [14, 16].

С учетом общего распространения вида на территории России было бы вполне ожидаемым обнаружить его и на Южном Урале. Но это произошло лишь 24 июня 2023 г. при проведении исследований в южной части Челябинского (городского) бора (рис. 1).

Здесь находится фрагмент смешанного леса, где главными лесобразующими породами являются *Pinus sylvestris* и *Betula pendula*, во втором ярусе представлены *Malus sylvestris*, *Sorbus aucuparia*, а из кустарников преобладают *Cotoneaster melanocarpus*, *Crataegus sanguinea*, *Rosa cinnamomea*, *Rubus idaeus*. Травяной покров сформирован, в основном, из *Bromopsis inermis* (кострец безостый), *Poa annua* (мятлик однолетний), *Fragaria vesca* (земляника лесная), *Lathyrus vernus* (чина весенняя), *Polygonatum odoratum* (купена аптечная), *Rubus saxatilis* (косяника каменистая).

На мертвой древесине березы (валежник, сухостой) были отмечены такие ксилотрофные грибы как *Daedaleopsis tricolor*, *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis betulina*, *Pleurotus pulmonarius*, *Pluteus cervinus*, *Stereum hirsutum*, *Trametes versicolor*, *Trichaptum bifforme*, *Volvariella bombycina* (вид, впервые найденный в бору), на сосне – *Dichomitus squalens*, *Trichaptum fuscoviolaceum*.

Две особи имаго челновидки (рис. 3) были найдены в мякоти шляпок молодых плодовых тел *Pleurotus pulmonarius* (вешенка легочная), растущих на валежнике березы. Жуки активно питались грибами, практически до основания выедавая базидиомы. Яиц и личинок *Scaphidium quadrimaculatum* мы не нашли.

В соседних группах плодовых тел на этом же стволе были обнаружены имаго челновидок *Scaphisoma agaricinum* (Linnaeus, 1758), блестянок *Cyllodes ater* (Herbst,

1792) (Nitidulidae), грибовиков *Dacne bipustulata* (Thunberg, 1781), а также имаго и личинки *Triplax aenea* (Schaller, 1783), *T. rufipes* (Fabricius, 1787).

Отметим, что на территории Челябинской области встречается еще не менее 4 видов челновидок их рода *Scaphisoma* Leach, 1815. Все они являются облигатными открытоживущими мицетофагами, заселяющими, главным образом, древесные грибы. Характеристика их пищевых связей дана в табл. 1.



Рис. 3. Плодовые тела *Pleurotus pulmonarius* на стволе упавшей березы (слева) и коллекционный экземпляр *Scaphidium quadrimaculatum*.

**Таблица 1**  
**Пищевые связи жуков-челновидок рода *Scaphisoma* Leach, 1815**  
**в Челябинской области**

Виды жуков	Тип ареала по [18]	Встречаемость	Заселяемые грибы и рассчитанные коэффициенты предпочтения (в скобках)
<i>S. agaricinum</i> (Linnaeus, 1758)	Евро-кавказско-сибирско-дальневосточный	обычен	<i>Daedaleopsis tricolor</i> , <i>Fomes fomentarius</i> (0.67)*, <i>Funalia trogii</i> , <i>Fomitopsis pinicola</i> (0.13)*, <i>Ganoderma applanatum</i> (0.14)*, <i>Lentinus lepideus</i> (0.06)*, <i>Pleurotus calyptratus</i> , <i>Pleurotus pulmonarius</i>

Продолжение таблицы 1

<i>S. assimile</i> Erichson, 1845	Евро-кавказско-западно-центрально-южно-азиатский	очень редок	<i>Ganoderma applanatum</i>
<i>S. inopinatum</i> Löbl, 1967	Евро-сибирско-дальневосточный	обычен	<i>Daedaleopsis tricolor</i> , <i>Fomes fomentarius</i> (0.71)*, <i>Funalia trogii</i> , <i>Fomitopsis pinicola</i> (0.19)*, <i>Inocutis rheades</i> (0.10)*, <i>Pluteus cervinus</i> , <i>Trametes versicolor</i> , <i>Trichaptum biforme</i>
<i>S. subalpinum</i> Reitter, 1881	Трансевразийский	редок	<i>Fomes fomentarius</i> (0.64)*, <i>Fomitopsis pinicola</i> * (0.20), <i>Inocutis rheades</i> * (0.16)

Примечание \* – виды грибов, на которых развиваются личинки

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Типичный скрытноживущий мицетофаг *Scaphidium quadrimaculatum* Olivier, 1790 – вероятно, редкий в Челябинской области вид, в отличие от других челновидок (род *Scaphisoma* Leach) заселяющий толщу плодовых тел. Его биология на Южном, Среднем Урале и в Западной Сибири изучена недостаточно полно, поскольку до сих пор нам неизвестны виды грибов, в которых жук проходит развитие. Можно лишь предположить, что, как и в некоторых других регионах, его личинки развиваются в древесных грибах *Stecherinum ochraceum* (Pers. ex J. F. Gmel.) Gray и в древесных грибах рода *Oxyporus* (Bourdot & Galzin) Donk. Круг пищевых объектов имаго достаточно широк и включает многие ксилофильные и некоторые напочвенные грибы. Необходимо дальнейшее специальное изучение биологии этого вида.

### Список литературы

1. Крыжановский О. Л. Сем. Scaphidiidae – челновидки. / О. Л. Крыжановский. – Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 2. Жесткокрылые и веерокрылые. – М.-Л.: Наука, 1965. – С. 160–161.
2. Лафер Г. Ш. Сем. Scaphidiidae – челновидки / Г. Ш. Лафер. – Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. III. Жесткокрылые, или жуки. Ч. 1. – Л.: Наука, 1989. – С. 367–373.
3. Яблоков-Хнзорян С. М. Жуки-челновидки (Coleoptera, Scaphidiidae) фауны СССР / С. М. Яблоков-Хнзорян // Этомол. обзор. – 1965. – Т. LXIV, № 1. – С. 132–143.
4. Löbl I. *Baeocera satana* Nakane, 1963 (Coleoptera: Staphylinidae: Scaphidiinae), new to Russia / I. Löbl // Euroasian Entomol. Journal. – 2021. – Vol. 20, Issue 6. – P. 349–350.
5. Власов Д. В. Фауна жуков-челновидок (Coleoptera, Staphylinidae, Scaphidiinae) Ярославской области с указаниями новых и малоизвестных для региона видов жесткокрылых из некоторых

- семейств / Д. В. Власов, Н. Б. Никитский // Бюллетень Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. – 2017. – Т. 122, Вып. 3. – С. 10–30.
6. Компанцев А. В. Новые данные по личинкам жуков-челновидок (Coleoptera, Scaphidiidae) / А. В. Компанцев, В. А. Потоцкая // Экология и морфология насекомых – обитателей грибных субстратов. – М.: Наука, 1987. – С. 87–100.
  7. Красуцкий Б. В. Пищевые связи мицетофильных жесткокрылых (Coleoptera, Insecta) Висимского заповедника / Б. В. Красуцкий // Экологические исследования в Висимском биосферном заповеднике: Матер. научн. конф., посвященной 35-летию Висимского заповедника, Екатеринбург, 2–3 октября 2006 г. – Екатеринбург: Средне-Уральское кн. изд-во «Новое время», 2006. – С. 161–165.
  8. Никитский Н. Б. Жесткокрылые насекомые (Insecta, Coleoptera) Московской области: Ч. 1: монография / Н. Б. Никитский [под ред. Н. Б. Никитского и Б. Р. Стригановой]. – Москва–Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 712 с.
  9. Потоцкая В. А. Морфо-экологические типы личинок Staphyloidea (Coleoptera) / В. А. Потоцкая. – Морфо-экологические адаптации насекомых в наземных сообществах. – М.: Наука, 1982. – С. 37–58.
  10. Халидов А. Б. Насекомые – разрушители грибов / А. Б. Халидов. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1984. – 152 с.
  11. Цинкевич В. А. Жесткокрылые (Coleoptera) – обитатели плодовых тел базидиальных грибов (Basidiomycetes) запада лесной зоны Русской равнины (Беларусь) / В. А. Цинкевич // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Серия биологическая. – 2004. – Т. 109, Вып. 4. – С. 17–25.
  12. Benick L. Pilzkafer und Kaferpilz. Okologishe und statistische Untersuchungen / L. Benick// Acta zoologica Fennica. – 1952. – Bd. 70. – S. 1–250.
  13. Nikitsky N. B. Beetles in Polypores of the Moscow region: checklist and ecological notes / N. B. Nikitsky, D. S. Schigel // Entomologica Fennica. – 2004. – № 15. – P. 6–22.
  14. Красуцкий Б. В. Жесткокрылые (Coleoptera) – мицетобионты основных дереворазрушающих грибов южной подзоны Западно-Сибирской тайги / Б. В. Красуцкий // Энтотомол. обозр. – 1997. – Т. LXXVI, Вып. 2. – С. 302–308.
  15. Красуцкий Б. В. Ксилофильные и мицетофильные жесткокрылые Висимского заповедника / Б. В. Красуцкий // Экология процессов биологического разложения древесины. – Екатеринбург: изд-во «Екатеринбург», 2000. – С. 110–133.
  16. Красуцкий Б. В. Мицетофильные жесткокрылые Урала и Зауралья. Т. II. Система «Грибы-насекомые» / Б. В. Красуцкий. – Челябинск: ОАО «Челябинский дом печати», 2005. – 213 с.
  17. Красуцкий Б. В. Мицетофильные жесткокрылые (Coleoptera, Insecta) Южного Урала / Б. В. Красуцкий // Актуальные вопросы современного естествознания Южного Урала (к 170-летию со дня рождения Ю. К. Шелля): Материалы II Всерос. Научно-практ. конф. с междунар. участием, 7 декабря 2016 г., Челябинск / под ред. В. В. Меркер, В. А. Гашек, П. Н. Попкова. – Челябинск: изд-во Челяб. гос. ун-та, 2016. – С. 40–56.
  18. Красуцкий Б. В. Мицетофильные жесткокрылые (Insecta, Coleoptera) национального парка «Припышминские боры» / Б. В. Красуцкий // Бюллетень Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. – 2022. – Т. 127, Вып. 3. – С. 10–30.
  19. Крашенинников И. М. Сосновые боры Челябинского уезда / И. М. Крашенинников, В. М. Крашенинникова // Изв. Императ. Ботан. сада. – 1905. – Т. 5, № 4. – С. 143–152.
  20. Меркер В. В. Флора Челябинского (городского) соснового бора / В. В. Меркер // Ученые записки Челябинского отделения Русского Ботанического общества. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2020. – Вып. 3. – С. 35–75.



SHUTTLE *SCAPHIDIUM QUADRIMACULATUM* Olivier, 1790 (COLEOPTERA,  
STAPHYLINIDAE) – A NEW SPECIES IN THE FAUNA OF THE  
CHELYABINSK REGION

Krasutsky B. V.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

E-mail: boris\_k.63@mail.ru

During the expedition research in June 2023 in the southern part of the botanical nature monument «Chelyabinsk (urban) forest» (Chelyabinsk region), in a birch-pine forest of various grasses, in the fruit bodies of *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Kumm. on a fallen birch *Betula pendula* a shuttle beetle, *Scaphidium quadrimaculatum* Olivier, 1790 was found. Two imago individuals fed on the pulp of young fruit bodies. No larvae of this species have been found. Previously, we found *Scaphidium quadrimaculatum* shuttles in the Middle Urals in the Visimsky Nature Reserve, in the subtaiga and south taiga forests of Western Siberia. In the Visimsky Nature Reserve, the beetle was found on an old birch stump with *Stecherinum ochraceum* mushrooms, in the Pripyshminsky forests of Western Siberia (Talitsky district, Sverdlovsk region) – on *Pleurotus pulmonarius*, in Tidal forests (Yarkovsky district, Tyumen region) – on *Lentinus cyathiformis* and *L. tigrinus*. It is known from a few publications that beetles inhabit various, mainly xylophilic, very rarely, ground fungi: *Armillaria mellea*, *Boletus edulis*, *Bjerkandera adusta*, *Cerioporus squamosus*, *Cerrena unicolor*, *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis betulina*, *Fomitopsis pinicola*, *Ganoderma applanatum*, *Gloeoporus acidulus*, *Laetiporus sulphureus*, *Lentinus cyathiformis*, *Lentinus tigrinus*, *Lenzites betulinus*, *Phlebia centrifuga*, *Pleurotus pulmonarius*, *Trametes gibbosa*, *Trametes hirsuta*, *Trametes versicolor*, *Trichaptum bifforme*, but the larvae develop into *Oxyporus corticola*, *Oxyporus* sp. and *Stecherinum ochraceum*. In general, the biology of the species has not been studied enough. Despite the fact that we have been studying xylomycetophilic entomocomplexes in the region for more than 30 years, this species of coleoptera has not been found on the territory of the Chelyabinsk Region in general and in the Chelyabinsk Forest in particular until recently. The typical secretive mycetophage *Scaphidium quadrimaculatum* is probably a rare species in the Chelyabinsk region, unlike other shuttles (genus *Scaphisoma* Leach) inhabiting the thickness of fruit bodies. Its biology in the Southern, Middle Urals and Western Siberia has not been studied fully enough, since we still do not know the types of fungi in which the beetle is developing. One can only assume that, as in some other regions, its larvae develop in the woody fungi *Stecherinum ochraceum* (Pers. ex J. F. Gmel.) Gray and in woody fungi of the genus *Polyporus* (Bourdot & Galzin) Donk. The range of imago food objects is quite wide and includes many xylophilic and some ground fungi.

**Keywords:** Chelyabinsk region, Chelyabinsk (urban) forest, shuttles, *Scaphidium quadrimaculatum*, xylotrophic fungi, *Pleurotus pulmonarius*.

References

1. Kryzhanovsky O. L. *Fam. Scaphidiidae – shuttles. The determinant of insects of the European part of the USSR*. Vol. 2. Coleoptera and fan-winged. M.-L.: Nauka. 160 (1965).
2. Lafer G. Sh. *Fam. Scaphidiidae – shuttles. The determinant of insects of the Far East of the USSR*. Vol. III. Coleoptera, or beetles. Part 1. L.: Nauka. 367 (1989).
3. Yablokov-Khnzorian S. M. Shuttle beetles (Coleoptera, Scaphidiidae) of the fauna of the USSR. *Entomol. Review*. **LXIV**(1). 132 (1965).
4. Lobl I. *Baeocera satana* Nakane, 1963 (Coleoptera: Staphylinidae: Scaphidiinae), new to Russia. *Euroasian Entomol. Journal*. **20**(6). 349 (2021).
5. Vlasov D. V., Nikitsky N. B. Fauna of shuttle beetles (Coleoptera, Staphylinidae, Scaphidiinae) Yaroslavl region with indications of new and little-known for the region species of coleoptera from some families. *Bulletin of the Moscow Society of Nature Testers. Ed. biol.* **122**(3). 10 (2017).
6. Kompantsev A.V., Pototskaya V. A. New data on larvae of shuttle beetles (Coleoptera, Scaphidiidae), *Ecology and morphology of insect inhabitants of fungal substrates*, 87 (M.: Nauka, 1987).
7. Krasutsky B. V. Food connections of mycetophilic coleoptera (beetles, insects) of the Visimsky Reserve. Ecological research in the Visimsky Biosphere Reserve: *Mater. scientific conference dedicated to the 35th anniversary of the Visimsky Reserve*, Yekaterinburg, October 2–3, 2006. Yekaterinburg: Sredne-Uralskoe Publishing House «Novoye Vremya». p. 161.
8. Nikitsky N. B. *Coleoptera insects (Insecta, Coleoptera) Moscow Region: Part 1: monograph* [edited by N. B. Nikitsky and B. R. Striganova]. 712 (Moscow–Berlin: Direct-Media, 2016).
9. Pototskaya V. A. *Morpho-ecological types of larvae of Staphylinidae (Coleoptera). Morpho-ecological adaptations of insects in terrestrial communities*, 37 (M.: Nauka, 1982).
10. Khalidov A. B. *Insects are the destroyers of fungi*, 152 (Kazan: Publishing House of Kazan University, 1984).
11. Tsinkevich V. A. Coleoptera – inhabitants of reservoirs of bodies of basidial fungi (basidiomycetes) of the west forest zone of the Russian plain (Belorus). *Bulletin of the Moscow Society of Nature Testers. The series is Biological*, **109**(4), 17 (2004).
12. Benick L. Pilzkafer und Kaferpilz. Okologiske und statistische Untersuchungen. *Acta zoologica Fennica*. **70**. 1 (1952).
13. Nikitsky N. B., Schigel D. S. Beetles in Polypores of the Moscow region: checklist and ecological notes. *Entomologica Fennica*, **15**. 6 (2004).
14. Krasutsky B. V. Coleoptera – mycetobionts of the main wood-destroying fungi of the southern subzone of the West Siberian taiga. *Entomol. obozr.* **LXXVI**(2), 302 (1997).
15. Krasutsky B. V. *Xylophilic and mycetophilic coleoptera of the Visimsky Reserve. Ecology of the processes of biological decomposition of wood*, 110 (Yekaterinburg: publishing house «Yekaterinburg», 2000).
16. Krasutsky B. V. *Mycetophilic coleoptera of the Urals and Trans-Urals*. Vol. II. System «Fungi-insects». 213 (Chelyabinsk: Chelyabinsk House of Printing, 2005).
17. Krasutsky B. V. Mycetophilic coleoptera (Beetles, insects) of the Southern Urals. Topical issues of modern natural science of the Southern Urals (to the 170th anniversary of the birth of Yu. K. Shell): *Materials of the second All-Russian. Scientific and practical conference with international Participation*, December 7, 2016, Chelyabinsk [edited by V. V. Merker, V. A. Gashek, P. N. Popkov]. Chelyabinsk: publishing house of the Chelyabinsk State University. p. 40.
18. Krasutsky B. V. Mycetophilic coleoptera (insects, beetles) of the National Park «Pripyshminsky forests» *Bulletin of the Moscow Society of Nature Testers*. **127**(3). 10 (2022).
19. Krashennikov I. M., Krashennikova V. M. Pine forests of the Chelyabinsk district. *Izv. Imperat. Nerd. garden*. **5**(4). 143 (1905).
20. Merker V. V. Flora of Chelyabinsk (urban) pine forest. *Scientific notes of the Chelyabinsk branch of the Russian Botanical Society*, **3**. 35 (Chelyabinsk: Publishing House of Chelyabinsk State University, 2020).

УДК 595.76: 632.7: 574.32

## GALEGA ORIENTALIS LINNAEUS – РЕЗЕРВАТОР НАПОЧВЕННЫХ ЭНТОМОФАГОВ

Мармулева Е. Ю.<sup>1</sup>, Селюк М. П.<sup>1</sup>, Якушевский Е. И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева,  
Москва, Россия

E-mail: marmuleva.elena@yandex.ru

Впервые изучено биоразнообразие жужелиц (*Carabidae*) в агроландшафте лесостепи Приобья трансектным методом. Рассмотрено перемещение *Carabidae* на трансекте из 5-ти культур (козлятник *Galega orientalis* (Lin., 1753), донник *Melilotus officinalis* (Lam., 1779), овёс *Avena sativa* (L., 1753), кукуруза *Zea mays* (L., 1753), амарант *Amaranthus* (L., 1753)). Работа выполнялась в Новосибирском районе Новосибирской области на опытных полях Сибирского научно-исследовательского института кормов. Технология возделывания изучаемых культур соответствовала зональным рекомендациям. Объектами исследований были насекомые напочвенного яруса, отобранные методом почвенных ловушек. Выявлено высокое видовое разнообразие жужелиц в агроландшафте, *Carabidae* представлены 20 родами, включающими 51 вид. Изучена структура доминирования различных видов жужелиц в агроценозах. Доминантами являлись *Bembidion quadrimaculatum* (Linnaeus, 1761), *Poecilus versicolor* (Sturm, 1824), *Carabus regalis* (Fischer von Waldheim, 1822) и *Harpalus rufipes* (Degeer, 1774). Показана определяющая роль *Galega orientalis*, как резерватора напочвенных энтомофагов *Carabidae* для близлежащих агроценозов.

**Ключевые слова:** Напочвенный ярус, агроценоз, козлятник, жужелица, энтомофаг, миксофитофаг.

### ВВЕДЕНИЕ

В современном агропромышленном комплексе нашей страны существует дефицит протеина в кормах сельскохозяйственных животных, в связи с чем недобор животноводческой продукции достигает 30–35 %. Стабильность кормовой базы в значительной мере определяется долей многолетних трав, особенно бобовых, в структуре кормовой базы регионов [1]. Внедрение многолетних высокопродуктивных богатых растительным белком культур позволяет решить проблему кормового белка в сельскохозяйственном производстве. Одной из таких культур семейства бобовых является козлятник восточный, обладающий длительным продуктивным долголетием и комплексом ценных хозяйственных и эколого-биологических особенностей. Растение полностью обеспечивает свою потребность в азоте за счёт его фиксации из атмосферы, что позволяет исключить внесение азотных удобрений. Кроме всего вышперечисленного, данная культура обладает очень высокой морозостойкостью и переносит бесснежные зимы с температурами до минус 25 °С, а при наличии снежного покрова выносит понижение температуры до минус 40 °С, что актуально для Западной Сибири с

резко континентальным климатом. Потенциал *Galega orientalis* (Linnaeus, 1753), как ценной кормовой культуры, отмечается многими исследователями мира [2, 3–7].

Вредные насекомые могут значительно снижать урожай зеленой массы и семян многолетних трав. Известно более 200 видов насекомых, повреждающих однолетние и многолетние бобовые травы [8]. Особую опасность для растений козлятника восточного представляют вредные насекомые в первый год жизни культуры, когда она очень медленно развивается, а также в начальные периоды развития в последующие два года жизни. В связи с этим, необходимы знания видового состава и вредоносности фитофагов, а также способы активизации их энтомофагов из семейства *Carabidae*. Это семейство является перспективным агентом биологической защиты растений и обладает большим биоразнообразием и численностью в агроценозах, особенно на бобовых культурах, где снижено применение агрохимикатов [2, 8–10].

Растение *Galega orientalis* способно накапливать полезную энтомофауну в своем фитоценозе [10]. На культуре зарегистрирован широкий комплекс энтомофагов, среди которых наблюдаются такие насекомые, как *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758), *Nabis fesus* (Linnaeus, 1758), *Adalia bipunctata* (Linnaeus, 1758), *Carabus campestris* (Motsch., 1850), *Coccinella quinquepunctata* (Linnaeus, 1758). Биологическая эффективность энтомофагов на *Galega orientalis* может быть до 98 %. *Carabidae* уничтожают долгоносиков на всех стадиях развития, а *Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Nabidae*, *Melyridae* уничтожают целые колонии тлей [11].

Семейство *Carabidae* являются постоянными резидентами агроэкосистем, а большинство из них относится к хищникам (зоофагам), поэтому изучение их жизненного цикла, видового состава, миграций является актуальным в области защиты растений от вредных организмов. Эти насекомые достаточно часто способны быстро восстанавливать свою численность в агроценозах после применения пестицидов, мигрируя с окружающих полей. Во многих исследованиях *Carabidae* выступают в роли биоиндикаторов окружающей среды, а привлечение энтомофагов этого семейства в агроценозы используется в Европе, США и Великобритании [12–14].

По группам индикаторных видов жужелиц можно отслеживать экологические изменения особенностей биотопа и выявлять тенденции в изменении растительного покрова. По результатам исследований Бабенко А.С. и др. отмечено, что в сообществах остепнённых лугов биоиндикаторами фитоценоза является 3 вида жужелиц: *Amara equestris* (Duftschmid, 1812), *Calathus fuscipes* (Goeze, 1777), *Licinus depressus* (Paykull, 1790). Все три вида имеют узкую экологическую амплитуду и являются хорошими индикаторами биоценоза данного типа [15].

В связи с этим значительный теоретический и практический интерес представляет анализ видового состава жужелиц в фитоценозах кормовых трав, среди которых численность жужелиц достаточно высока. **Цель исследований:** изучение видового состава жужелиц (*Carabidae*) в агроценозе *Galega orientalis* и его роли для окружающих стадий в лесостепи Приобья.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытных полях СФНЦА РАН Сибирского научно-исследовательского института кормов в агроценозах полевых культур в 2022 году. Культуры были распределены в пространстве стационара в следующей последовательности – козлятник восточный *Galega orientalis* (Linnaeus, 1753), донник двулетний *Melilotus officinalis* (Lam., 1779), овёс посевной *Avena sativa* (L., 1753), кукуруза *Zea mays* (L., 1753) (гибриды), амарант *Amaranthus* (L., 1753). Козлятник выращивается на стационаре более двадцати лет на одном месте, остальные культуры размещались в полевом севообороте, донник двулетний был посеян в год исследований. Сельскохозяйственные культуры возделывались по традиционной технологии. Вегетационный период 2022 года характеризовался теплой и сухой весной и холодным засушливым летом. Только в июне отмечено повышенное количество осадков и повышенная температура воздуха. Объектами исследований являлись насекомые напочвенного яруса агроценозов из семейства *Carabidae*. Изучение видового состава и распределение насекомых проводилось на деляночном опыте (84 м<sup>2</sup>) трансектным методом в течение вегетации растений. Трансекта – узкая длинная прямоугольная пробная площадка на территории экосистемы, на которой изучали количественные характеристики видов и их изменения вдоль трансекты. Почвенные ловушки размещали двумя параллельными рядами через каждые двадцать метров. Всего ставили по 4 ловушки на культуру. Их содержимое выбирали раз в неделю, а затем ловушки устанавливали заново [19–21]. Сбор насекомых в полевых условиях и подготовку их к анализу проводил студент Евгений Игоревич Якушевский. Определение жужелиц проводил кандидат биологических наук, научный сотрудник института Почвоведения и агрохимии СО РАН Алексей Николаевич Беспалов, за что авторы выражают искреннюю благодарность. Уровень доминирования насекомых оценивали согласно принятой системе: 5% – доминанты, до 2% – обычные и >1% – редкие виды [22].

Для анализа сходства видового состава жужелиц в агроценозах культур севооборота использовали коэффициент Жаккара. Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов [23] с использованием пакетов программ SNEDECOR [24].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам учетов за период исследований на козлятнике в почвенные ловушки было поймано 2841 насекомое из 9 отрядов. Отдел с неполным превращением насчитывал 166 насекомых – 5,8%. В него вошли единичные экземпляры отряда *Odonata* и *Phasmatodea*, отряд *Homoptera* – 117, *Hemiptera* – 38, *Thysanoptera* – 9 экземпляров.

Отдел с полным превращением насчитывал 2675 насекомых – 94,2%. Отдел представлен следующими отрядами: *Coleoptera* – 1892, *Lepidoptera* – 5, *Hymenoptera* – 469, *Diptera* – 309 экземпляров. Здесь присутствовали как *Lepidoptera*, *Hymenoptera*, *Diptera*, так и представители отряда *Coleoptera*, которые преобладали.

Самый многочисленный отряд: *Coleoptera* – 66,6%. Он был представлен следующими семействами: *Carabidae* – 744 экз., *Silphidae* – 931 экз., *Curculionidae* –

23 экз., *Elateridae* – 27 экз., *Meloidae* – 1 экз., *Tenebrionidae* – 7 экз., *Cerambycidae* – 1 экз., *Chrysomelidae* – 10 экз., *Staphylinidae* – 52 экз., *Nitidulidae* – 1 экз. (89 жесткокрылых определить не удалось).

Основную массу жуков на *Galega orientalis* составили *Silphidae* и *Carabidae* – 33 % и 26 % соответственно от всего объема насекомых. *Silphidae* являются утилизаторами мертвой органики. Их численность оказалась достаточно высока за счет условий, которые складываются на *Galega orientalis* – очень большого количества растительных остатков и другой органической пищи. Вторым по численности семейством, присутствовавшим на посеве, оказалось семейство *Carabidae*. В их число входил большой процент энтомофагов многих вредителей сельскохозяйственных растений.

Энтомоценоз изучаемой трансекты состоял из 20 родов семейства *Carabidae*. Видовое разнообразие *Carabidae* было представлено 51 видом: *Agonum* (1 вид), *Amara* (10 видов), *Anisodactylus* (1 вид), *Bembidion* (3 вида), *Broscus* (1 вид), *Calathus* (3 вида), *Calosoma* (1 вид), *Carabus* (1 вид), *Curtonotus* (2 вида), *Cylindera* (1 вид), *Clivina* (1 вид), *Dolichus* (1 вид), *Trechus (Epaphius)* (1 вид), *Harpalus* (10 видов), *Leistus* (1 вид), *Limodromus* (1 вид), *Microlestes* (1 вид), *Poecilus* (3 вида), *Pterostichus* (6 видов), *Synuchus* (1 вид).

Класс зоофаги был представлен 16 родами и 28 видами. У родов *Bembidion*, *Calathus*, *Poecilus*, *Pterostichus* отмечено максимальное количество видов жужелиц. Род *Carabus* был представлен 1 видом, хотя по численности превосходил все виды в энтомоценозе. Согласно, принятой системе доминирования видов [22], доминантами в изучаемой трансекте являлись: *Bembidion quadrimaculatum* (Linnaeus, 1761) – 8,73 %, *Poecilus versicolor* (Sturm, 1824) – 12,23 %, *Carabus regalis* (Fischer von Waldheim, 1822) – 14,99 %. К обычным видам энтомокомплекса из класса зоофагов относились представители родов: *Calathus* (степень доминирования 3,49–4,00 %), *Microlestes* (степень доминирования – 3,21 %), *Poecilus* (степень доминирования 2,25–2,70 %), *Pterostichus* (степень доминирования – 2,25 %). Остальные виды были представлены в минимальном количестве и считались редкими. Выявленные жужелицы-зоофаги питаются тлями и клопами — щитниками, хрущами, цветоедами, клубеньковыми долгоносиками, проволочниками и другими жуками, совками и плодояжками, а также мухами. Так, хищники *Poecilus sericeus* (Fischer von Waldheim, 1824) выполняют роль естественных регуляторов численности многих насекомых, наземных моллюсков и других беспозвоночных, в том числе ряда опасных вредителей. Многоядные хищники *Pterostichus melanarius* (Illiger, 1798) и *Poecilus cupreus* L. (Linnaeus, 1758) кроме насекомых могут поедать семена сорняков и споры грибов. Для них характерна зависимость потребления определенного вида корма от его обилия, что важно при регуляции численности массовых вредителей [25, 26].

Класс Миксофитофаги был представлен 4 родами и 24 видами жужелиц. Доминантами в данном классе был вид *Harpalus rufipes* (Degeer, 1774) – 13,97 %, обычными видами жужелиц данного энтомоценоза были *Amara rufipes* (Degeer, 1774), *Amara ingenua* (Duftschmid, 1812) – 4,51 %, и вид *Harpalus calceatus* (Duftschmid, 1812) – 3,77 %. Как правило, это жужелицы со смешанным типом

питания, хорошо лазающие и способные активно зарываться в почву. Жужелица *Harpalus rufipes* (Degeer, 1774) иногда может являться вредителем культурных растений, а также постоянно уничтожает огромное количество семян сорняков. Жуки *Amara aenea* (DeGeer, 1774) иногда повреждают созревающие зерна злаков, однако это не имеет экономического значения. Большее значение имеет активное питание жуков этого вида семенами сорняков [25].

В целом на трансекте из пяти культур (козлятник восточный, донник двулетний, овёс посевной, кукуруза (гибриды) и амарант) энтомокомплекс жужелиц был представлен двум классами: зоофаги – 68,16 % от общей численности отловленных насекомых и миксофитофаги – 31,84 %.

На рисунке 1 представлены жужелицы, которые были разделены по типу питания по культурам.

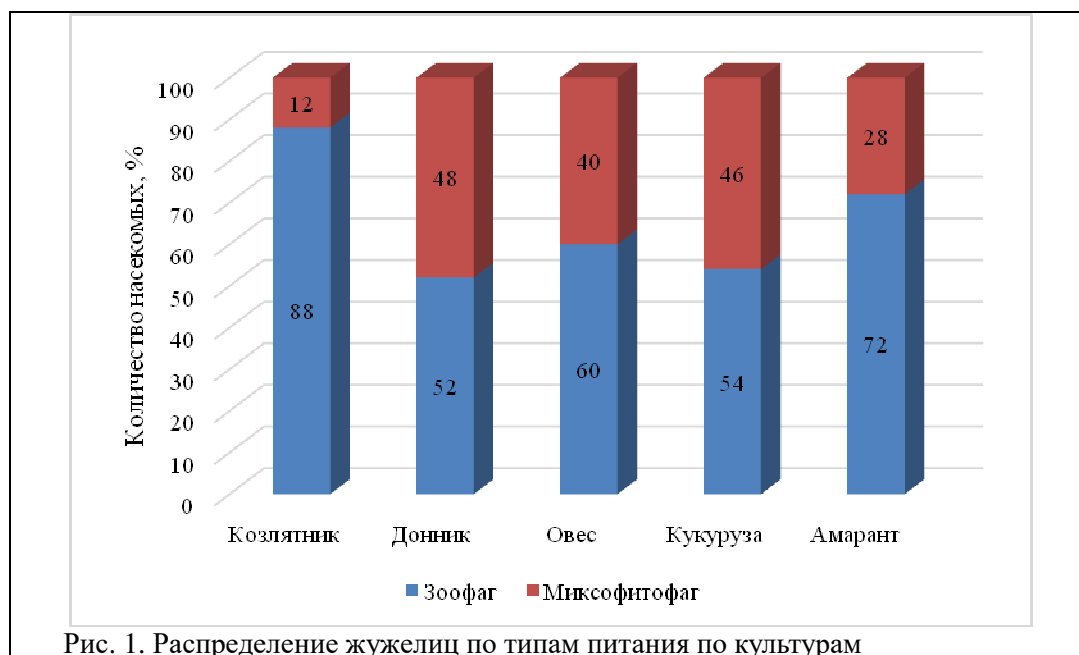


Рис. 1. Распределение жужелиц по типам питания по культурам

В энтомоценозе всех культур зоофаги преобладали над миксофитофагами. Максимально они были выявлены в агроценозе козлятника, овса и амаранта на уровне 60–88 %. Это подтверждает литературные данные о том, что козлятник и кормовые культуры имеют способность привлекать энтомофагов, которые могут быть использованы в качестве перспективных агентов биологической защиты растений от вредных насекомых [2, 8–10].

При сравнении численности *Carabidae* по культурам на трансекте выяснено, что большинство насекомых присутствовало на козлятнике (табл. 1).

Таблица 1

Численность жужелиц в агроценозах культур на трансекте

Культура	Численность, экз.	%
Козлятник	753	40,1
Донник	214	11,4
Овес	232	12,3
Кукуруза	449	23,9
Амарант	232	12,3
Сумма	1880	100
НСР <sub>05</sub> по культурам 211,4		

Всего за период исследований было обнаружено 1880 имаго *Carabidae*. На козлятнике присутствовало 40 % всех отловленных жужелиц, почти в два раза меньше – на кукурузе, в 3,5 раза меньше на остальных культурах. Максимальное число видов жужелиц присутствовало также на козлятнике (37 видов). На остальных культурах их численность составила 23 вида на амаранте, 28 видов на кукурузе и 26 видов на доннике. Полученные данные еще раз подтверждают важную роль козлятника восточного в формировании богатого видового состава энтомоценоза.

Динамика численности жужелиц на трасекте в течение вегетации представлена на рисунке 2.

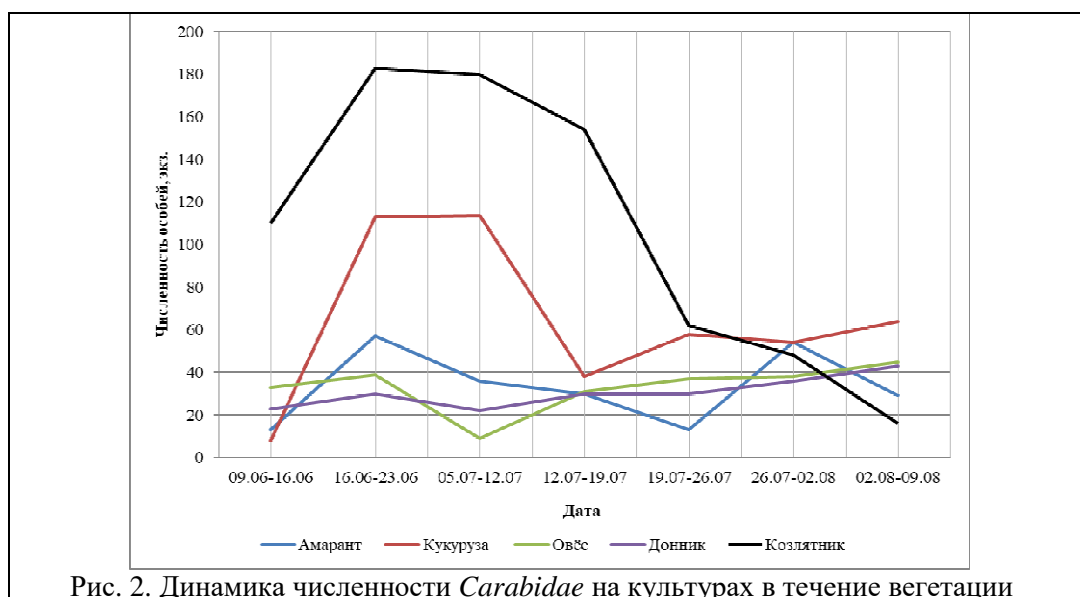


Рис. 2. Динамика численности *Carabidae* на культурах в течение вегетации

Из данных рисунка видно, что на всех культурах пики активности насекомых совпадают. Так, в период второй декады июня отмечено максимальное нарастание



численности жужелиц, максимальное количество жуков наблюдалось в агроценозе козлятника. Далее на козлятнике и кукурузе наблюдалась тенденция стабилизации численности насекомых до второй декады июля, а затем резкий спад численности и плавное уменьшение количества насекомых к концу вегетации. Такая динамика связана с периодом размножения основной части жужелиц, которое происходит в середине вегетации.

На овсе, доннике и амаранте численность жужелиц была ниже в 3 раза по сравнению с козлятником и кукурузой. На этих культурах динамика численности насекомых протекала плавно в течение всей вегетации, резкого нарастания и снижения численности жужелиц не выявлено.

Доминантные виды жужелиц на рассматриваемых культурах представлены в таблице 2. В агроценозе козлятника доминантами являлись виды из класса зоофагов – *Carabus regalis* и *Poecilus versicolor*, которые предпочитают увлажненные места обитания. Такие виды как *H. rufipes* (миксофитофаг) и *Bembidion quadrimaculatum* (зоофаг), предпочитающие прогретые разреженные пространства — в большей степени были представлены на остальных культурах трансекты.

Таблица 2

#### Численность основных видов жужелиц семейства *Carabidae*

Вид /Культура	Козлятник	Донник	Овёс	Кукуруза	Амарант
<i>Carabus regalis</i>	264	1	1	0	0
<i>Harpalus rufipes</i>	29	60	65	58	36
<i>Poecilus versicolor</i>	203	0	1	5	8
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	0	25	24	67	39

Для количественного определения степени сходства видового состава жужелиц на трансекте применяли коэффициент Жаккара. Максимальный коэффициент сходства (0,70) выявлен между агроценозами кукурузы и амаранта, кукурузы и донника. Средняя степень сходства (0,59) видового состава жужелиц отмечена между агроценозами амаранта и донника, кукурузы и овса, овса и донника. Самый низкий коэффициент Жаккара (0,33–0,41) был между агроценозом козлятника и остальных культур.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении можно отметить, что в агроценозе козлятника восточного формируется свой комплекс полезных видов насекомых, но благодаря высокой активности и поисковой способности жужелиц происходит заселение посевов близлежащих сельскохозяйственных культур энтомофагами. Жужелицы родов *Carabus* и *Calosoma* обладают очень высокой скоростью перемещения, средней скоростью — жужелицы родов *Harpalus*, *Pterostichus*, жужелицы рода *Bembidion* перемещаются очень быстро рывками, но на короткие расстояния [27]. Все

указанные роды жуужелиц были выявлены в агроценозе козлятника восточного. Поэтому данную кормовую культуру целесообразно размещать в структуре посевных площадей предприятий АПК для построения системы биологической защиты растений с помощью полезных насекомых.

### Список литературы

1. Баранова В. В. Галега восточная – перспективная культура Кузнецкой котловины / В. В. Баранова // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – № 3. – С. 79–81.
2. Токарева С. П. Биологические особенности вредителей на козлятнике восточном и меры борьбы с ними / С. П. Токарева // Современные аспекты управления плодородием агроландшафтов и обеспечения экологической устойчивости производства сельскохозяйственной продукции : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 180-летию ФГБОУ ВО «Донского государственного аграрного университета». – пос. Персиановский: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный аграрный университет", 2020. – С. 92–99.
3. Eryashev A. P. The efficiency of eastern galega (*Galega orientalis*) cultivation / Eryashev A. P., Timoshkin O. A., Kshnikatkina A. N. // International Journal on Emerging Technologies. – 2020. – Т. 11, №. 2. – С. 910–914.
4. Meripõld H. et al. Fodder galega (*Galega orientalis* Lam) grass potential as a forage and bioenergy crop. / Meripõld H. et al. – 2017.
5. Nommsalu H. The nutritive value of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.). / Nommsalu H. – 1994.
6. Raig H. Advances in the research of the new fodder crop *Galega orientalis* Lam. / Raig H. – 1994.
7. Varis E. Goat's rue (*Galega orientalis* Lam.), a potential pasture legume for temperate conditions / Varis E. // Agricultural and Food Science. – 1986. – Т. 58, №. 2. – С. 83–101.
8. Волнова В. Н. Хищные жуужелицы в агроценозе озимой пшеница как элемент биологической защиты растений / В. Н. Волнова, А. С. Замотайлов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 57–58.
9. Бондаренко А. С. К изучению биологии и распространения некоторых видов жуужелиц (Coleoptera, Carabidae), занесенных в Красную книгу Краснодарского края / А. С. Бондаренко, А. С. Замотайлов, В. И. Щуров // Nature Conservation Research. Заповедная наука. – 2017. – Т. 2, № S1. – С. 70–80. – DOI 10.24189/nrc.2017.005.
10. Замотайлов А. С. Пути активизации комплекса хищных жуужелиц (*Coleoptera, Carabidae*) как энтомофагов вредителей в агроландшафтах Северо-Западного Кавказа / А. С. Замотайлов, Е. Е. Хомицкий, А. И. Белый // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : Материалы VIII международной научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар, 19–23 июня 2017 года / ответственный редактор Замотайлов А. С. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2017. – С. 161–167.
11. Шидловский С. П. Напочвенные жесткокрылые – энтомофаги и их использование в биологической защите растений: магистерская диссертация по направлению подготовки: 35.04.04 – Агрономия / Шидловский Сергей Петрович – Томск: [б.и.], 2021.
12. Лынов А. В. Эколого-фаунистический анализ жуужков-жуужелиц (*Insecta, Coleoptera, Carabidae*) агроэкосистем Воронежской области : специальность 03.00.16 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Лынов Александр Васильевич. – Воронеж, 2008. – 25 с.
13. Васильева Т. В. Энтомофаги на семенных посевах козлятника восточного в Вологодской области / Т. В. Васильева, М. В. Соколов // Земледелие. – 2015. – № 2. – С. 39–41.
14. Smith B. M. Enhancing invertebrate food resources for skylarks in cereal ecosystems: how useful are in-crop AES management options? / B. M. Smith, J. M. Holland, N. Jones, S. Moreby, A. J. Morris, S. Southway // Journal of Applied Ecology. – 2008. – 46. – P. 692–702.

15. Collins K.L. The influence of beetle banks on cereal aphid population predation in winter wheat / K. L. Collins, N. D. Boatman, A. Wilcox, J. M. Holland // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2002. – Iss. 93. – P. 337–350.
16. Griffiths G. J. K. The representation and functional composition of carabid and staphylinid beetles in different field boundary types at a farm-scale / G. J. K. Griffiths, L. Winder, J. M. Holland, C. F. G. Thomas, E. Williams // *Biological Conservation*. – 2007. – 135. – P. 145–152.
17. Бабенко А. С. Фауна жесткокрылых-герпетобионтов в овощных агроценозах таежной зоны Западной Сибири / А. С. Бабенко, С. А. Нужных, Ю. В. Крошко // *Проблемы экологической безопасности и природопользования в Западной Сибири: Труды Томского государственного университета. Сер. Биологическая*. – Томск: Томский государственный университет, 2004. – Т. 266. – С. 10–13.
18. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. / К. К. Фасулати. – М.: Высшая школа, 1971 – 424 с.
19. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975 – 280 с.
20. Чулкина В. А. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем. Учебно-практическое пособие. / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова [и др.]. – Барнаул, 2017 – 210 с.
21. Чернышев В. Б. Сельскохозяйственная энтомология (экологические основы): курс лекций / В. Б. Чернышев. – М.: Изд-во Триумф, 2012. – 232 с.
22. Southwood T. R. E. *Ecological Methods*. – London: Chapman and Hall, 1978. – 253 p.
23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
24. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере // О. Д. Сорокин. – Красноярск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222с.
25. Гусева О. Г. К изучению комплекса жуков-фитофагов полей экспериментального севооборота в условиях Ленинградской области / О. Г. Гусева, А. Г. Коваль, В. В. Воропаев // *Вестник защиты растений*. – 2007. – №3. – С. 23–33.
26. Гусева О. Г. Пищевые связи жужелиц *Pterostichus melanarius* и *Poecilus cupreus* (Coleoptera, Carabidae) / О. Г. Гусева, А. Г. Коваль // *Вестник защиты растений*. – 2010. – №1. – С. 61–63.
27. Мордкович В. Г. Зоологические аспекты экологической сукцессии на выровненном отвале Назаровского углеразреза КАТЭКа в Красноярском крае / В. Г. Мордкович, И. И. Любечанский // *Сибирский экологический журнал*. – 2019. – №4. – С. 428–444.

## **GALEGA ORIENTALIS LINNAEUS – GROUND ENTOMOPHAGE RESERVATOR**

*Marmuleva E. Yu.<sup>1</sup>, Selyuk M. P.<sup>1</sup>, Yakushevskiy E. I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*

<sup>2</sup>*Russian State Agrarian University – Moscow State Agricultural Academy named after*

*K. A. Timiryazev, Moscow, Russia*

*E-mail: marmuleva.elena@yandex.ru*

For the first time, the biodiversity of ground beetles (family Carabidae) in the agro-landscape of the forest steppe of the Ob region was studied by the transect method. The movement of Carabidae on a transect of 5 crops is considered (eastern goat grass *Galega orientalis* Lin., 1753, *Melilotus officinalis* Lam., 1779, oats *Avena sativa* L., 1753, corn *Zea mays* L., 1753, amaranth *Amaranthus* L., 1753). The work was carried out in the Novosibirsk district of the Novosibirsk region in the experimental fields of the Siberian Scientific Research Institute of Feed. The technology of cultivation of the studied crops

corresponded to the zonal recommendations. The objects of research were ground-level insects selected by the method of soil traps. A high species diversity of ground beetles in the agricultural landscape has been revealed, Carabidae are represented by 20 genera, including 51 species. The structure of dominance of various species of ground beetles in agrocenoses has been studied. The dominant species were *Bembidion quadrimaculatum* (Linnaeus, 1761), *Poecilus versicolor* (Sturm, 1824), *Carabus regalis* (Fischer von Waldheim, 1822) and *Harpalus rufipes* (Degeer, 1774). Defining role of *Galega orientalis* as a reservator of ground entomophages of Carabidae for nearby agrocenoses is shown.

The entomocenosis of the studied transect consisted of 20 genera of the family Carabidae. The species diversity of Carabidae was represented by 51 species: *Agonum* (1 species), *Amara* (10 species), *Anisodactylus* (1 species), *Bembidion* (3 species), *Broscus* (1 species), *Calathus* (3 species), *Calosoma* (1 species), *Carabus* (1 species), *Curtonotus* (2 species), *Cylindera* (1 species), *Clivina* (1 species), *Dolichus* (1 species), *Trechus* (*Epaphius*) (1 species), *Harpalus* (10 species), *Leistus* (1 species), *Limodromus* (1 species), *Microlestes* (1 species), *Poecilus* (3 species), *Pterostichus* (6 species), *Synuchus* (1 species). The class Zoophaga was represented by 16 genera and 28 species. In the genera *Bembidion*, *Calathus*, *Poecilus*, *Pterostichus*, the maximum number of ground beetle species is recorded. The genus *Carabus* was represented by 1 species, although it outnumbered all species in the entomocenosis.

To quantify the degree of similarity of the species composition of ground beetles on the transect, the Jacquard coefficient was used. The maximum similarity coefficient (0.70) was found between agrocenoses of corn and amaranth, corn and sweet clover. The average degree of similarity (0.59) of the species composition of ground beetles was noted between the agrocenoses of amaranth and sweet clover, corn and oats, oats and sweet clover. The lowest Jacquard coefficient (0.33-0.41) was between the agrocenosis of goat and other crops.

**Keywords:** Ground layer, agrocenosis, goatgrass, ground beetle, entomophagus, mixophytophagus.

## References

1. Baranova V. V., *Galega vostochnaya – perspective culture of the Kuznetsk basin*, *Modern problems of science and education*, **3**, 79 (2006).
2. Tokareva S. P., Biological features of pests on the eastern goat patch and measures to combat them, *Materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 180th anniversary of the Don State Agrarian University «Modern aspects of agricultural landscape fertility management and ensuring environmental sustainability of agricultural production»* (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher professional Education "Don State Agrarian University", Persianovsky, 2020), p. 92.
3. Eryashev A. P., Timoshkin O. A., Kshnikatkina A. N., The efficiency of eastern galega (*Galega orientalis*) cultivation, *International Journal on Emerging Technologies*, **11** (2), 910 (2020).
4. Meripõld H., Tamm U., Tamm S., Võsa T. and Edesi L., Fodder galega (*Galega orientalis* Lam) grass potential as a forage and bioenergy crop, *Agronomy Research*, **15** (4), 1693 (2017).
5. Nõmmsalu H., Meripõld H., Forage production quality and seed yield of fodder galega (*Galega orientalis* Lam.). *Proceedings of the 16th General Meeting of the European Grassland Federation*, **1**, 541 (1996).
6. Raig H., Advances in the research of the new fodder crop *Galega orientalis* Lam. *Fodder galega (Galega orientalis Lam.) research in Estonia*, 5 (1994).
7. Varis E., Goat's rue (*Galega orientalis* Lam.), a potential pasture legume for temperate conditions, *Agricultural and Food Science*, **58** (2), 83 (1986).

8. Volnova V. N., Predatory ground beetles in the agrocenosis of winter wheat as an element of biological plant protection, *Scientific support of the agro-industrial complex*, 57 (2019).
9. Bondarenko A. S., Zamotailov A. S., Shchurov V. I., On the study of biology and distribution of some species of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) listed in the Red Book of the Krasnodar Territory, *Nature Conservation Research. Protected science*, 2 (1), 70 (2017).
10. Zamotailov A. S., Khomitsky E. E., Bely A. I., Ways to activate the complex of predatory ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as entomophages of pests in agro-landscapes of the North-West Caucasus, *Materials of the VIII International scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University «Agrotechnical method of plant protection from harmful organisms»*, (Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, 2017), p. 161.
11. Vasilyeva T. V., Sokolov M. V., Entomophages on seed crops of oriental goat's goat in the Vologda region, *Agriculture*, 2, 39 (2015).
12. Lynov A. V. Ways to increase the number of non-specialized entomophages in agrobiocenoses, *Vestnik zashchita rastenii*, 3, 73 (2007).
13. Makwela M. M., Slotow R., Munyai T. C., Carabid Beetles (Coleoptera) as Indicators of Sustainability in Agroecosystems: a systematic review, *Sustainability*, 15 (5), 3936 (2023).
14. Smith B. M., Holland J. M., Jones N., Moreby S., Morris A. J. and Southway S., Enhancing invertebrate food resources for skylarks in cereal ecosystems: how useful are in-crop AES management options, *Journal of Applied Ecology*, 46, 692 (2008).
15. Collins K. L., Boatman N. D., Wilcox A. and Holland J. M., The influence of beetle banks on cereal aphid population predation in winter wheat, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93, 337 (2002.).
16. Griffiths G. J. K., Winder L., Holland J. M., Thomas C. F. G. and Williams E., The representation and functional composition of carabid and staphylinid beetles in different field boundary types at a farm-scale, *Biological Conservation*, 135, 145 (2007).
17. Babenko A. S., Nuzhnykh S. A., Kroshko Yu. V., Fauna of coleoptera-herpetobionts in vegetable agrocenoses of the taiga zone of Western Siberia, *Problems of environmental safety and environmental management in Western Siberia: Proceedings of Tomsk State University*, 266, 10 (2004).
18. Fasulati K. K. *Field study of terrestrial invertebrates*, 424 p. (Higher School, M., 1971).
19. *Methods of soil and zoological research*, 280 p. (Nauka, M., 1975).
20. Chulkina V. A., Toropova E. Y., Stetsov G. Y., Kirichenko A. A., Marmuleva E. Y., Grishin V. M., Kazakova O. A. and Selyuk M. P., *Phytosanitary diagnostics of agroecosystems. Educational and practical manual*, 210 p. (Barnaul, 2017).
21. Chernyshev V. B., *Agricultural entomology (ecological foundations): course of lectures*, 232 p. (Triumph publishing house, M., 2012).
22. Southwood T. R. E. *Ecological Methods*, 253 p. (Chapman and Hall, London, 1978.).
23. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*, 351 p. (Agropromizdat, M., 1985).
24. Sorokin O. D. *Applied statistics on a computer*, 222 p. (Sue rpo so raskhn, Krasnoobsk, 2009).
25. Guseva O. G., Koval A. G., Voropaev V. V., To the study of the complex of beetles-phytophages of fields of experimental crop rotation in the conditions of the Leningrad region, *Bulletin of plant protection*, 3, 23 (2007).
26. Guseva O. G., Koval A. G., Food connections of ground beetles *Pterostichus melanarius* and *Poecilus cupreus* (Coleoptera, Carabidae), *Bulletin of plant protection*, 1, 61 (2010).
27. Mordkovich V. G., Lyubechansky I.I., Zoological aspects of ecological succession on the leveled dump of the Nazarovsky KATEK coal mine in the Krasnoyarsk Territory, *Siberian Ecological Journal*, 4, 428 (2019).

**УДК 612.763; 612.743**

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИНЕРГИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНОКООРДИНАЦИОННЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ**

*Моисеев С. А., Иванов С. М.*

*Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки,  
Россия  
E-mail: sergey\_moiseev@vlgafc.ru*

Изучали синергии на мышечном и кинематическом уровнях при реализации сложных многосуставных движений, применяя методический подход в рамках концепции модульной организации элементов двигательной системы и некоторые вычислительные аспекты концепции неконтролируемого многообразия. Предполагали, что синергетическое структурирование мышечной активности будет направлено на стабилизацию кинематических модулей, причем связи двух уровней синергий будут иметь особенности в зависимости от скорости движений и величины проявляемых мышечных усилий. Установлено, что управление техническим приемом «захватом ног» осуществляется посредством четырех мышечных синергий, две из которых являются основными. Обеспечение динамической стабильности сложного по координации двигательного действия реализуется за счет образования мышечных модулей, избирательно стабилизирующих важные для успешного выполнения двигательной задачи переменные. Такими переменными являются кинематические модули, образование которых ограничивает количество доступных степеней свободы двигательной системы.

**Ключевые слова:** функциональные синергии, факторизация матриц, межмышечное взаимодействие, единороства, управление движением.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Известен способ организации взаимодействия элементов двигательной системы человека, посредством образования структурных модулей – синергий. Такие образования выявляются в системе управления различными движениями человека, однако, в меньшей степени механизмы их образования и функционирования изучены при выполнении сложных по координации движений в которых задействованы многие сегменты тела и обширные мышечные группы.

Проблема управления такими движениями может быть рассмотрена в рамках двух концепций, которые обладают разработанным методологическим подходом и инструментарием для объективной оценки синергетических эффектов. Одна из них развивает представления о координации, как механизма преодоления избыточности степеней свободы, путем объединения управляемых элементов системы в модули меньшей размерности и превращение таких образований в управляемую систему [1–4]. Вторая концепция синергизма основана на оценке вариабельности между испытаниями, как меры стабильности движения и его устойчивости к возмущениям – неконтролируемое многообразие (uncontrolled manifold – UCM). Центральной

идеей теории является представление о том, что управляющая система контролирует многочисленные степени свободы (углы, усилия и мышечные активации) так, чтобы стабилизировать важные для успешной реализации двигательной задачи переменные [5, 6]. Под синергией здесь понимается такая совместная ковариация элементов системы управления, которая обеспечивает динамическую стабильность.

Чтобы продвинуться в понимании процессов взаимодействия элементов двигательной системы мы предприняли исследование с целью изучения синергий на мышечном и кинематическом уровнях при реализации сложных многосуставных движений. Исходя из цели работы были поставлены следующие частные задачи. Установить основные мышечные синергии, осуществляющие управление техническим приемом «захватом ног». Выявить особенности вовлечения разных скелетных мышц в структуру основных мышечных модулей. Определить переменные, на стабилизацию которых направлена активность мышечных синергий.

Методологической основой данного исследования явился подход в рамках модульной организации и некоторые вычислительные аспекты концепции UCM. Предполагали, что синергетическое структурирование мышечной активности будет направлено на стабилизацию кинематических модулей, причем связи двух уровней синергий, вероятно, будут иметь особенности в зависимости от скорости движения и величины проявляемых мышечных усилий.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании были задействованы 6 борцов-самбистов в возрасте от 19 до 24 лет. Спортсмены имели звание мастера спорта. Эксперименты выполнены на базе Научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта. Все исследования проведены с соблюдением требований и принципов биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинской декларации 1964 г., и одобрены комиссией по этике исследований ФГБОУ ВО «ВЛГАФК». Каждый участник представил добровольное письменное информированное согласие на участие в исследованиях.

Спортсмены выполняли серию технических приемов, по десять в каждой (бросок «захватом ног сбиванием») без сопротивления оппонента. В анализ брали только движения, выполненные без существенных нарушений техники. В совокупности было проанализировано 80 приемов. В процессе движений билатерально регистрировали электромиограммы (ЭМГ) поверхностных скелетных мышц: передней большеберцовой, икроножной медиальной, прямой бедра, двуглавой бедра, трапецевидной (верхние и нижние пучки), выпрямляющей позвоночника, прямой живота. Для регистрации ЭМГ применяли биомонитор ME6000 (Финляндия) с частотой дискретизации 2000 Гц. Одновременно с ЭМГ осуществляли видеозахват движений основных антропометрических точек сегментов тела, совпадающих с осями вращения в суставах при помощи системы Qualisys (Швеция). Анализировали два периода движения: первый включал

движения от начала перемещения конечной антропометрической точки правой ноги до постановки ее на опору, второй – от момента завершения первой фазы до конца разгибания сзади стоящей ноги в коленном суставе. Кинематограмма движения представлена на рисунке 1. Зарегистрированные вариационные ряды ЭМГ, величин суставных углов экспортировали в Statistica (StatSoft, Inc., version 10), где формировали матрицу исходных данных ( $X$ ), размерностью ( $I \times J$ ), где  $I$  – число точек (измерений в момент времени – 500 для каждого периода движения), а  $J$  – число независимых переменных (вариационных рядов ЭМГ, величин углов). Все вариационные ряды были интерполированы относительно единой точки отсчета и стандартизированы к единице стандартного отклонения.

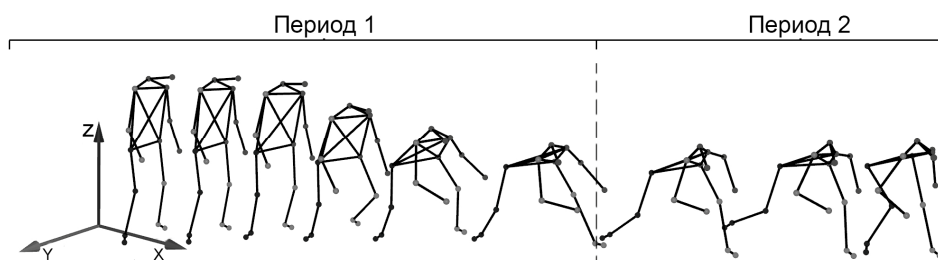


Рис. 1. Кинематограмма броска «захватом ног сбиванием». Вертикальной пунктирной линией отделены границы периодов движения.

Для извлечения синергий использовали метод главных компонент (PCA) в среде Statistica, используя стандартные модули. Исходная матрица разлагалась на произведение двух матриц – матрицы счетов и матрицы нагрузок. Анализировали получаемые в результате разложения матрицы следующие параметры: собственные значения (eigenvalues), количество извлекаемых компонент (синергий), процент общей дисперсии, учитываемый каждым фактором в общем наборе данных (VAF), весовые коэффициенты извлеченных компонент, коэффициенты активации. Рассматривали компоненты с собственными значениями не менее единицы и с долей учитываемой дисперсии не менее 5 % [7].

Множественный регрессионный анализ выполнен с помощью модуля Statistica «Multiple Linear Regression». Предварительно осуществлялся анализ диаграмм рассеяния с целью выявления наличия зависимости и ее формы. Осуществляли анализ корреляционных матриц на предмет: мультиколениарности; достоверности получаемых  $\beta$ -коэффициентов; нормальности распределения остатков, соответствия предсказанных и наблюдаемых значений. В случае положительной проверки по этим параметрам модель считали приемлемой. Были составлены уравнения регрессии, где в качестве зависимой переменной выступали коэффициенты активации выявленных кинематических синергий, а независимыми – коэффициенты активации мышечных синергий. В общей сложности были составлены 60 уравнений в каждом периоде рассматриваемого движения для каждого испытуемого. Анализировали коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) и процент случаев, когда каждая



из выявленных мышечных синергий соответствовала критериям включения в регрессионную модель.

Математико-статистическая обработка данных выполнена в Statistica 10.0 и включала расчет среднего арифметического (M), ошибки среднего арифметического (SE), стандартного отклонения (SD), коэффициентов вариативности (CV). Для оценки достоверности различий применяли однофакторный дисперсионный анализ ANOVA с post-hoc анализом по критерию Newman-Keuls. Статистически значимыми различиями считали значения критерия  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате разложения матрицы при рассмотрении первого периода движения были получены в среднем по группе  $4,5 \pm 0,28$  компонент, при доле объясняемой дисперсии достигающей  $73,75 \pm 12,59$ . В некоторых случаях регистрировалось до пяти компонент. Во втором периоде в среднем было получено пять компонент, а в некоторых случаях регистрировалось до шести. Доля объясняемой дисперсии достигала  $85,25 \pm 3,35$ , что оценивается как высокое качество реконструкции исходных данных. Вариативность данных показателей была низкой, коэффициенты вариативности при межпробном и межгрупповом сопоставлении не превышали 34,16 %. Несмотря на отсутствие статистически значимых различий в показателе объясняемой дисперсии можно отметить, что в первом периоде, характеризующемся большей скоростью перемещений и меньшими мышечными напряжениями, первый фактор описывал большую часть дисперсии, а на второй приходилось менее половины. Во втором периоде разница в дисперсии первого и второго фактора оказалась не такая значительная (рис. 2).

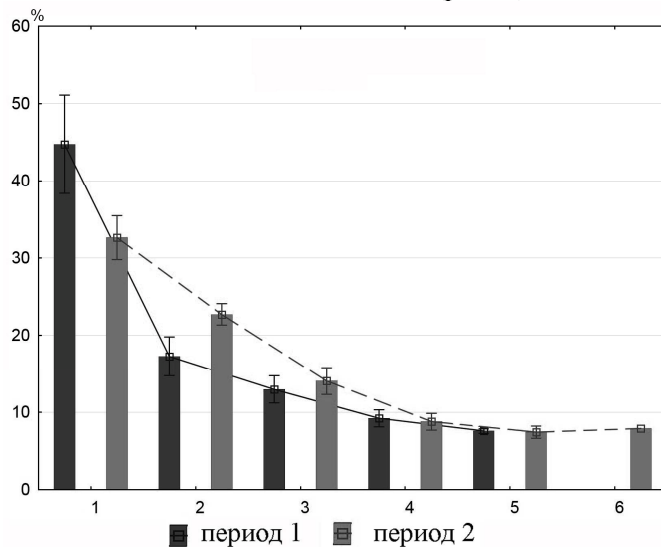


Рис 2. Процент объясняемой дисперсии каждым компонентом при рассмотрении разных периодов сложнокоординационного движения.

При анализе пространственной структуры выявленных синергий в первом периоде движения было установлено, что в первую из них оказались вовлечены тринадцать скелетных мышц, имеющие высокие весовые коэффициенты (более 0,7). Наибольшие значения имели передняя большеберцовая мышца правой нижней конечности и икроножная мышца левой стороны –  $0,93 \pm 0,12$  и  $0,91 \pm 0,23$  соответственно (рис. 3). Во втором периоде наибольшие коэффициенты были получены для икроножной мышцы правой нижней конечности ( $0,91 \pm 0,19$ ) и верхних пучков трапецевидной мышцы правой стороны –  $0,89 \pm 0,11$ . Следует отметить, что некоторые мышцы в равной степени были задействованы в структуре первой синергии в обоих рассматриваемых периодах технического приема. Например, таковыми являлись прямая мышца бедра и средние пучки трапецевидной мышцы левой стороны, а также прямая мышца живота правой стороны тела. Вариативность степени вовлечения (весовых коэффициентов мышц при многократных реализациях движения) мышц в структуру первой синергии оценивалась, преимущественно, как низкая, лишь в некоторых случаях, например, для икроножной медиальной мышцы левой и прямой мышцы бедра правой стороны CV достигали среднего уровня (37,98 % и 46,87 %).

В первом периоде вторая мышечная синергия характеризовалась высокой степенью вовлечения пяти скелетных мышц (рис. 3). Наибольшие значения коэффициентов были получены для передней большеберцовой мышцы –  $0,89 \pm 0,22$  и средних пучков трапецевидной мышцы левой стороны –  $0,85 \pm 0,10$ . Второй период движения демонстрировал вовлечение в данную синергию восьми скелетных мышц, имеющих высокие весовые коэффициенты. Для некоторых мышц, например, верхних пучков трапецевидной мышцы левой стороны они достигали  $0,89 \pm 0,11$ . Аналогично в данной синергии были выявлены мышцы, которые были задействованы в обоих периодах изучаемого движения – это прямая мышца бедра левой и трапецевидные мышцы обеих сторон тела. Вариативность вовлечения мышц во вторую синергию оценивалась как низкая, а в некоторых случаях – средняя, в целом не превышающая 15,86 %.

Третья и четвертая мышечные синергии включали по две или три мышцы с высокими весовыми коэффициентами (рис. 3). В первом периоде наибольшие значения имела передняя большеберцовая мышца правой нижней конечности –  $0,84 \pm 0,12$ , а во втором – верхние пучки трапецевидной мышцы правой стороны –  $0,81 \pm 0,21$ . Передняя большеберцовая мышца левой стороны была задействована в обеих мышечных синергиях. Вариативность весовых коэффициентов в обоих периодах движения оценивалась как низкая, в отдельных случаях достигающая среднего уровня, но не более 32,15 %. Четвертая синергия включала активность двух мышц, имеющих весовые коэффициенты включения, достигающие порогового уровня (рис. 3). Прямая мышца бедра левой стороны включалась в эту синергию в обоих периодах технического приема. Вариативность вовлечения данных мышц также была низкой, CV не превышали 30,12 %.

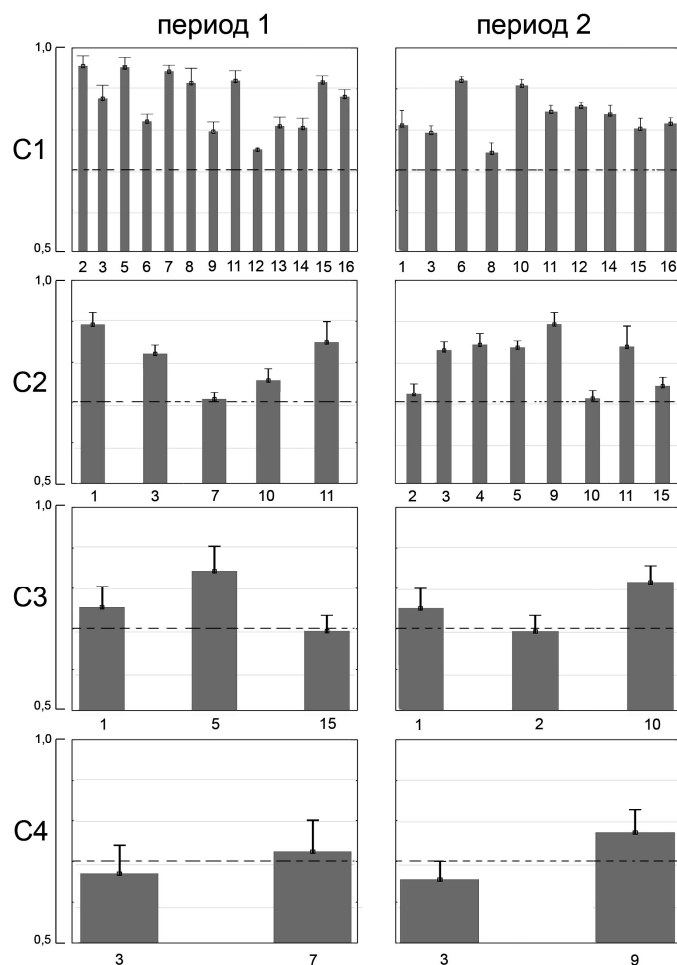


Рис. 3. Весовые коэффициенты в структуре извлекаемых синергий в разные периоды двигательного действия. С1-4 – номер синергии. По оси ординат – значения коэффициента. По оси абсцисс – скелетные мышцы: 1 – передняя большеберцовая лев., 2 – икроножная медиальная лев., 3 – прямая бедра лев., 4 – двуглавая бедра лев., 5 – передняя большеберцовая пр., 6 – икроножная медиальная пр., 7 – прямая бедра пр., 8 – двуглавая бедра пр., 9 – трапециевидная (верхние пучки) лев., 10 – трапециевидная (верхние пучки) пр., 11 – трапециевидная (средние пучки) лев., 12 – трапециевидная (средние пучки) пр., 13 – выпрямляющая позвоночник лев., 14 – выпрямляющая позвоночник пр., 15 – прямая живота лев., 16 – прямая живота пр.

На рисунке 4 представлены основные профили активации мышечных синергий в разных периодах рассматриваемого технического приема. В первом периоде временная структура была представлена паттерном активации с четкой тенденцией к снижению активности в третьей и четвертой четвертях движения. Вторая синергия

была представлена профилем с пиком активации в третьей четверти движения. Третья синергия демонстрировала комбинированный профиль с двумя пиками, приходящимися на вторую и третью четверти броска. Четвертая синергия в этом же периоде характеризовалась пиком активации в первой и последней четвертях движения. Второй период движения характеризовался отсутствием четкой структуры, регистрировались разные профили, даже при многократных повторениях движения одним испытуемым. В целом второй период демонстрировал множественные пики активации синергий, приходящиеся на разные временные моменты периода технического приема.

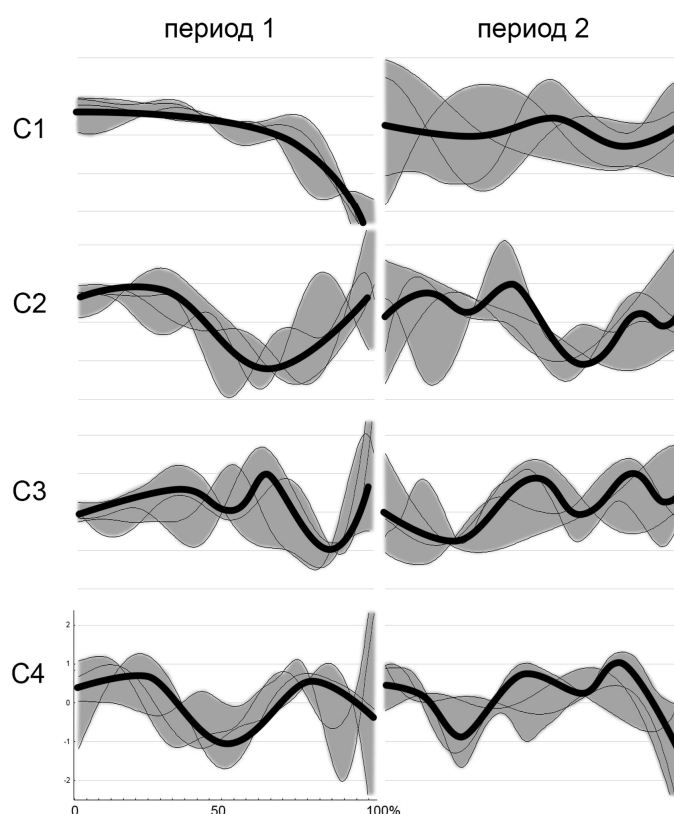


Рис. 4. Коэффициенты активации мышечных синергий в разных периодах двигательного действия. C1-4 – номер синергии. По оси абсцисс – прогресс движения, по оси ординат – у.е. Жирной линией показаны усредненные профили.

Таким образом, пространственная структура сложного по координации спортивного движения в обоих периодах демонстрирует наличие двух основных мышечных синергий, в которых оказываются задействованы многие скелетные мышцы с высокой степенью вовлечения и низкой межпробной вариативностью. Некоторые мышцы включались в синергии, выявленные в разных периодах двигательного действия. Кроме того определены мышцы, вовлекаемые в разные синергии одного и того же периода движения. Как правило, при исследовании

сложных многосуставных движений выделяют одну основную мышечную синергию, включающую большую часть скелетных мышц [8]. Отчасти это может быть связано с особенностями алгоритма выделения компонент при использовании методов факторизации данных. PCA использует нелинейный итерационный метод с использованием частотных наименьших квадратов. Важная особенность PCA при выделении факторов заключается в том, что выделенные факторы оказываются независимыми друг от друга (некоррелированные или ортогональные), поскольку каждый последующий фактор при последующей итерации определяется так, чтобы максимизировать изменчивость, оставшуюся от предыдущих факторов. Тем не менее методы факторизации используются для изучения синергий и выделяемые компоненты соотносят с центральными процессами управления [9]. Мы определили две основные мышечные синергии, осуществляющие управление движениями в обоих периодах технического приема. Как правило, чем больше количество выделяемых модулей, тем сложнее система управления [4, 10]. Технические приемы в единоборствах являются сложными многосуставными движениями и в этой связи логично, что для эффективного их выполнения мышечная активность оказывается структурирована в две основные синергии. Это подтверждается и наличием, так называемых фундаментальных временных профилей активации синергий, имеющих один основной пик активации. В наших исследованиях было продемонстрировано, что основные синергии, преимущественно имели именно такие паттерны активации. Помимо основных, нами выявлены дополнительные синергии, включающие небольшое количество мышц. Их функция, вероятно, связана с обеспечением стабильности движений в условиях изменения внешних или внутренних условий [11, 12].

Нами были рассмотрены особенности изменений величин суставных углов в разные периоды изучаемого движения. В среднем выделяли от двух до трех компонент с долей объясняемой дисперсии  $90,75 \pm 1,84$ . Вариативность количества извлекаемых компонент (далее кинематических синергий – КинС) была средней в первом и низкой во втором периоде, но не более 18,18 %. Первый период характеризовался сочетанным изменением большинства суставных углов (рис. 5А). Наибольшие коэффициенты первой КинС были получены для коленного левого и тазобедренного сустава правой стороны –  $0,92 \pm 0,02$  и  $0,92 \pm 0,04$  соответственно. Во второй КинС наибольшие коэффициенты демонстрировали изменения углов в голеностопных суставах. Во втором периоде движения наибольшие весовые коэффициенты в структуре первой КинС регистрировались для обоих коленных суставов, локтевого сустава левой, а также тазобедренного сустава правой стороны тела (рис. 5А). Вторая КинС демонстрировала среднюю степень синхронизма изменений углов в голеностопном ( $0,60 \pm 0,13$ ) и локтевом ( $0,59 \pm 0,11$ ) суставах правой стороны. Следует отметить, что вариативность весовых коэффициентов была низкой для суставных углов, которые демонстрировали высокую степень синхронизма. Другие суставные углы имели среднюю или высокую вариативность при внутри- и межиндивидуальном их рассмотрении.

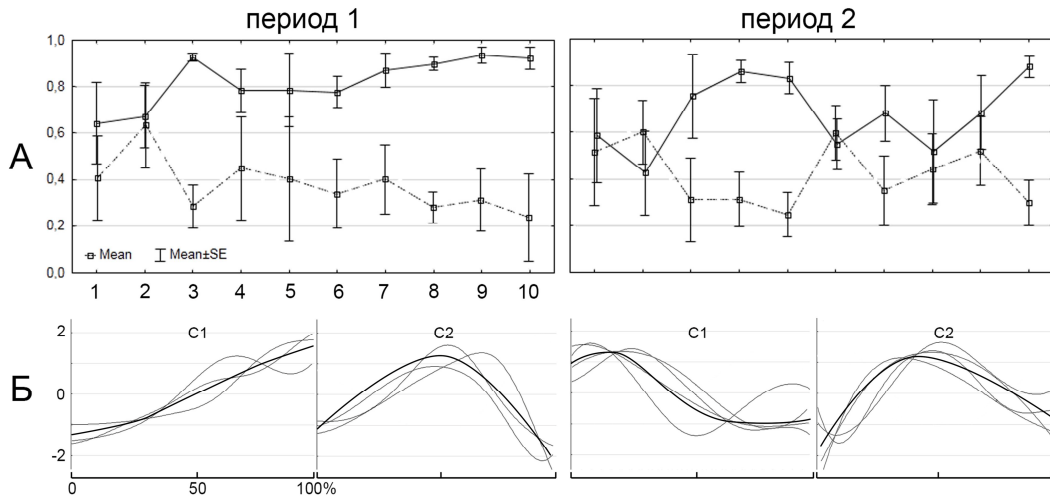


Рис. 5. Пространственно-временная структура кинематических синергий в разных периодах броска «захватом ног». А – весовые коэффициенты, Б – коэффициенты активации. На рис. А по оси абсцисс – суставные углы: 1 – голеностопный лев., 2 – голеностопный пр., 3 – коленный лев., 4 – коленный пр., 5 – локтевой лев., 6 – локтевой пр., 7 – плечевой лев., 8 – плечевой пр., 9 – тазобедренный лев., 10 – тазобедренный пр. По оси ординат – значение коэффициента. Сплошной линией показан первый компонент, пунктирной – второй компонент. На рис. Б по оси абсцисс – прогресс движения, по оси ординат – у.е. С1,2 – номер синергии. Жирная линия – усредненные профили активации.

Временные паттерны активации кинематических синергий представлены на рисунке 5Б. В первом периоде двигательного действия профиль временной активации первой КинС демонстрировал непрерывный рост на протяжении всего движения, а второй характеризовался пиком активации, который приходился на середину технического приема. Для второго периода было характерно незначительное возрастание синхронизации изменений суставных углов первой КинС в первой половине движения и отсутствие изменений во второй (рис. 5Б). Для второй КинС этого же периода был отмечен один пик активации в середине технического приема.

Исходя из задач работы были проанализированы зависимости мышечных и кинематических синергий в процессе выполнения технического приема в различных его периодах. Например, зависимость изменений первой кинематической синергии и мышечных синергий в первом периоде движения, может быть описана уравнением (1):

$$Y = 0,22 - 0,78_{MC1} - 0,73_{MC2} - 0,83_{MC3}, \quad (1)$$

где Y – КинС1, MC1-3 – номер мышечной синергии.

Второй кинематический модуль демонстрировал взаимосвязи с четырьмя мышечными синергиями, их зависимость описывалась уравнением (2):

$$Y = -0,77 + 1,36_{MC1} - 1,27_{MC2} - 0,57_{MC3} - 0,17_{MC4}, \quad (2)$$

где Y – КинС2, МС1-4 – номер мышечной синергии.

Однако не все мышечные синергии имели высокие связи с кинематическими модулями и могли быть описаны уравнениями линейной зависимости. Например, в первом периоде движения с первой выявленной кинематической синергией взаимосвязи обнаруживались в большинстве случаев (более 90 %) у первых трех мышечных синергий (табл. 1). Коэффициенты детерминации в среднем по группе в данном случае достигали  $0,86 \pm 0,04$ , что оценивается как высокая степень дисперсии, объясняемая моделью зависимости, т.е. высокая взаимосвязь. Со второй КинС этого же периода первые три мышечные синергии имели высокую взаимосвязь, однако, при меньшем качестве регрессионной модели –  $0,68 \pm 0,14$ . Особенностью взаимосвязей синергий во втором периоде технического приема являлось наличие большего числа мышечных модулей, которые включались в регрессионные модели зависимости. Например, с первой кинематической синергией установлены зависимости пяти мышечных модулей, каждый из которых имел высокий процент соответствия условиям включения в регрессионную модель. Такие зависимости описывались уравнением (3):

$$Y = -0,01 - 0,70_{MC1} + 0,54_{MC3} - 0,24_{MC5} + 0,13_{MC6}, \quad (3)$$

где Y – КинС1, МС1,3,5,6 – номер мышечной синергии.

**Таблица 1**

**Зависимость мышечных и кинематических синергий в различных периодах технического приема**

Период	Зависимая переменная	R <sup>2</sup> (M±m)	Независимые переменные (%)					
			МС1	МС2	МС3	МС4	МС5	МС6
1	КинС1	0,86±0,04	<b>95</b>	<b>93</b>	<b>93</b>	56	61	0
	КинС2	0,68±0,14	<b>78</b>	<b>80</b>	<b>86</b>	58	66	0
2	КинС1	0,84±0,04	<b>95</b>	<b>70</b>	<b>78</b>	<b>80</b>	<b>85</b>	9
	КинС2	0,86±0,06	<b>96</b>	<b>90</b>	<b>96</b>	<b>76</b>	53	12
	КинС3	0,78±0,07	53	<b>86</b>	51	<b>90</b>	<b>78</b>	0

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управление движениями в разных периодах сложного по координации технического приема в единоборствах, различающихся по скорости перемещения сегментов тела и величине мышечных усилий, осуществляется четырьмя мышечными синергиями, две из которых являются основными, поскольку пространственная их организация определяет включение большей части исследуемых скелетных мышц. Выделение управляющей системой двух основных

мышечных синергий может быть обусловлено повышением сложности системы управления в связи с необходимостью обеспечивать эффективную координацию множества сегментов тела.

Установлено, что некоторые мышцы входят в структуру разных мышечных модулей при рассмотрении одного и того же периода двигательного действия. Данная закономерность может быть связана со стратегиями двигательного контроля, определяющими степень вовлечения мышц в синергии и перераспределение их вовлечения внутри самих модулей и между модулями. Такая функция, вероятно, связана с обеспечением стабильности движений в условиях изменения внешних или внутренних условий их реализации. В результате моторным выходом при многократном выполнении заданной двигательной задачи являются высокостереотипные кинематические профили перемещений сегментов тела и совместной активации основных суставных углов.

Обеспечение динамической стабильности сложного по координации двигательного действия в различных его периодах реализуется за счет образования мышечных модулей, избирательно стабилизирующих важные для успешного выполнения двигательной задачи переменные. Такими переменными могут являться кинематические модули, образование которых ограничивает количество доступных степеней свободы двигательной системы человека.

#### **Список литературы**

1. Singh R. E. A systematic review on muscle synergies: from building blocks of motor behavior to a neurorehabilitation tool / R. E. Singh, K. Iqbal, G. White, T. E. Hutchinson // *Applied Bionics and Biomechanics*. – 2018. – Apr22;3615368
2. d'Avella A. Shared and specific muscle synergies in natural motor behaviors / A. d'Avella, E. Bizzi // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2005. – Vol. 102, № 8. – P. 3076–3081
3. Ting L. H. Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement / L. H. Ting, J. L. McKay // *Curr Opin Neurobiol*. – 2007. – Vol. 17, № 6. – P. 622–8
4. Гельфанд И. М. Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем. / Гельфанд И. М., Гурфинкель В. С., Фомин С. В., Цетлин М. Л. – М.: Наука, 1966. – 322 с.
5. d'Avella A. Modularity for motor control and motor learning / d'Avella A. // *Adv Exp Med Biol*. – 2016. – Vol. 957. – P. 3
6. Scholz J. The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task / J. Scholz, G. Schöner // *Exp Brain Res*. – 1999. – Vol. 126, № 3. – P. 289–306
7. Latash M. Motor synergies and the equilibrium-point hypothesis / Latash M. // *Motor Control*. – 2010. – Vol. 14, № 3. – P. 294–322
8. Moiseev S. A. Methodological and Computational Aspects of Extracting Extensive Muscle Synergies in Moderate-Intensity Locomotions / S. A. Moiseev, A. M. Pukhov, E. A. Mikhailova, R. M. Gorodnichev // *J Evol Biochem Phys*. – 2022. – № 58. – P. 88–97
9. Frère J. Between-subject variability of muscle synergies during a complex motor skill / J. Frère, F. Hug // *Front. Comput. Neurosci*. – 2012. – Vol. 6. – P. 99.
10. Kibushi B. Speed-Dependent Modulation of Muscle Activity Based on Muscle Synergies during Treadmill Walking / B. Kibushi, S. Hagio, T. Moritani, M. Kouzaki // *Front. Hum. Neurosci*. – 2018. – №4. – P. 4.
11. Tresch M. C. Matrix factorization algorithms for the identification of muscle synergies: evaluation on simulated and experimental data sets / M. C. Tresch, V. C. Cheung, A. D'Avella // *Journal of Neuroscience*. – 2006. – Vol. 95, №4. – P. 2199–212.



12. Моисеев, С. А. Пространственно-временная структура мышечных синергий точностных движений человека / С. А. Моисеев, С. М. Иванов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7, № 3. – С. 148–159.

## FUNCTIONAL SYNERGIES IN THE VARYING INTENSITY HIGH COORDINATION MOVEMENT'S CONTROL SYSTEM

*Moiseev S. A., Ivanov S. M.*

*Velikie Luki State Academy of Physical Education and Sports, Velikie Luki, Russia  
E-mail: sergey\_moiseev@vlgafc.ru*

The paper considers the synergies at the muscular and kinematic levels during high coordinated multi-joint movements, through methodological approach of motor system elements modular organization and some computational aspects of the uncontrolled manifold concept. It was assumed that the synergetic structuring of muscle activity would be aimed at kinematic modules stabilizing, and the interactions between two synergy levels would have features depending on the movement speed and the muscular efforts values.

Movement control in different periods of high coordinated movement in martial arts, which differing in the body segments movement speed and the muscle efforts, is carried out by four muscle synergies, two of which are the main ones, since their spatial organization determines the inclusion of most of the studied skeletal muscles. The allocation of two main muscle synergies by the control system to control a sport movement in martial arts may be due to control system complexity increasing, due to body segments effective coordination ensure necessary.

It has been established that some muscles are included in the structure of several muscle modules during the same period of motor action. This feature may be related to motor control strategies that determine the muscle synergy involvement degree and the redistribution of their involvement within the modules themselves and between modules. This function is probably related to ensuring the stability of movements in changing external or internal conditions while their implementation. As a result, the motor output for frequently repeated motor task is highly stereotypical kinematic profiles of body segments movements and main joint co activation.

High coordinated motor action dynamic stability ensuring in its various periods is realized through the formation of muscle modules that selectively stabilize important for the successful performance of a motor task variables. Such variables can be kinematic modules, the formation of which limits the number of available degrees of freedom of the human motor system.

**Keywords:** functional synergies, matrix factorization, intermuscular interaction, martial arts, motor control.

### References

1. Singh R. E., Iqbal K., White G., Hutchinson T. E. A systematic review on muscle synergies: from building blocks of motor behavior to a neurorehabilitation tool. *Applied Bionics and Biomechanic*, **22**, (2018).
2. D'Avella A., Bizzi E. Shared and specific muscle synergies in natural motor behaviors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **102(8)**, 3076 (2005).
3. Ting L. H., McKay J. L. Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement. *Curr Opin Neurobiol.* **17(6)**, 622 (2007).
4. Gel'fand I. M., Gurfinkel' V. S., Fomin S. V., Cetlin M. L. *Modeli strukturno-funkcional'noj organizacii nekotoryh biologicheskikh system*, 322 p. (M.: Nauka, 1966).
5. D'Avella A. Modularity for motor control and motor learning. *Adv Exp Med Biol.* **957**, 3 (2016).
6. Scholz J., Schöner G. The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task. *Exp Brain Res.* **126(3)**, 289 (1999).
7. Latash M. Motor synergies and the equilibrium-point hypothesis. *Motor Control.* **14(3)**, 294 (2010).
8. Moiseev S. A., Pukhov A. M., Mikhailova E. A., Gorodnichev R. M. Methodological and Computational Aspects of Extracting Extensive Muscle Synergies in Moderate-Intensity Locomotions. *J Evol Biochem Phys.* **58**, 88 (2022).
9. Frère J., Hug F. Between-subject variability of muscle synergies during a complex motor skill, *Front. Comput. Neurosci.*, **6**, 99. (2012).
10. Kibushi B., Hagio S., Moritani T., Kouzaki M. Speed-Dependent Modulation of Muscle Activity Based on Muscle Synergies during Treadmill Walking. *Front. Hum. Neurosci.* **4**, 4 (2018).
11. Tresch M. C., Cheung V. C., D'Avella A. Matrix factorization algorithms for the identification of muscle synergies: evaluation on simulated and experimental data sets. *Journal of Neuroscience.* **95(4)**, 2199 (2006).
12. Moiseev S. A., Ivanov S. M. Muscle synergies' spatio-temporal structure of human precision movements. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University*, **7(3)**, 148 (2021).

УДК 58.009:58.01/.07. 58.02

## ЕСТЕСТВЕННЫЙ АРЕАЛ И ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ TAXUS BACCATA НА ЕГО МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Мыцык Д. Д.<sup>1</sup>, Омельченко С. О.<sup>2,3</sup>, Коба В. П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Никитский ботанический сад – Национальный научный центр Ялта, Республика Крым,  
Россия

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия

<sup>3</sup>Крымский республиканский институт постдипломного педагогического образования,  
Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: danmusc@mail.ru

На основании литературных данных проанализирован естественный ареал распространения тиса ягодного. Произрастание тиса на территории Российской Федерации, в частности на Кавказе и в Крыму, зависит от абиотических факторов, влияющих на морфологические и биоэкологические особенности тиса. Вид характеризуется в целом слабым семенным возобновлением. Это объясняется биоэкологическими особенностями *Taxus baccata*: длительностью онтогенеза; длительностью периода покоя семян, их слабой летучестью и, как следствие, зависимостью от распространителей; двудомностью растений; затруднительностью опыления, осложненной разобщенностью и рассеянностью многих деревьев тиса, а также несовпадением фенофаз цветения мужских и женских особей в связи с их произрастанием на разной высоте. Кроме того, антропогенное воздействие, включающее хозяйственное освоение в местах обитания, рубки лесов, нарушение условий произрастания также является лимитирующими факторами распространения тиса.

**Ключевые слова:** тис ягодный, естественный ареал, морфологические и биоэкологические особенности, Крым, Кавказ.

### ВВЕДЕНИЕ

Тис ягодный (*Taxus baccata* L.) – порядок хвойные (Coniferales), семейство тисовые (Taxaceae Lind L.). Род *Taxus* L. был описан К. Линнеем в 1737 году. Тис входит в состав семейства Taxaceae, насчитывающего три рода, из которых один представлен в естественном состоянии на территории Европейской части России только одним видом *T. baccata*. Около 20 видов распространены в северном полушарии. Считается, что старейший род деревьев в Европе; самая старая летопись окаменелостей *Taxus* в Европе датируется нижним миоценом [1, 2].

Родина – Западная Европа и Кавказ. За пределами России произрастает в Южной Скандинавии, Средней и Атлантической Европе, Прибалтике, Северной Африке (Алжир), Малой Азии, в Закавказье, Сирии и Иране. Тис произрастает в большей части Европы в естественных условиях и культивируется в течение многих

столетий, но лучшие условия для растения – океанический климат с умеренными температурами [2–4].

Тис ягодный – реликт третичной флоры, включенный в Красную книгу Российской Федерации, Красную книгу Республики Крым. Растет в первые годы жизни медленно. Высота дерева в средней Европе до 10–17 метров, на Кавказе – 20–23 метра, обычно до 1,5 метра в диаметре. В Англии высота дерева, посаженного в 1655 г., составила 26 метров, а диаметр 572 см. Большинство деревьев тиса, достигших 1000 лет и более, можно встретить на Британских островах. Возраст деревьев может достигать 1000–4000 лет. Определить точный возраст этих деревьев трудно, так как самые старые экземпляры почти всегда полые. Оценку возраста по годичным кольцам не проводят, мнения о точном возрасте древних видов всегда разделяются [1, 2, 4].

Растение незасоленных почв. Лучшего развития достигает на свежих суглинистых карбонатных почвах, но растет также на свежих песчаных, сухих карбонатных и иных почвах. Корневую систему развивает на свежих глубоких почвах со стержневым корнем, на плотных и сухих – корневая система поверхностная.

Тис ягодный – самое теневыносливое из всех хвойных пород растение (сциофит). Требуется достаточное увлажнение почвы (мезофит). В молодом возрасте страдает от заморозков и прямого воздействия солнечных лучей. Прекрасно переносит стрижку и легко образует новые побеги из спящих почек. Является породой приморского климата. Чистые насаждения образует крайне редко [4].

Площади лесов с участием тиса в их составе неуклонно уменьшаются. Состояние изученности тиса на территории Республики Крым нельзя признать удовлетворительным. Данные о тисовых насаждениях и их состоянии в Республике Крым давно не актуализировались.

Целью данной работы является анализ литературных данных естественного ареала и влияния условий произрастания тиса ягодного на его морфологические и биоэкологические особенности.

#### **Ареал тиса ягодного**

*T. baccata* отличается высоким полиморфизмом, свойственным, главным образом, вегетативной сфере растения. В литературе описано много природных и садовых форм тиса ягодного. В дендрологической энциклопедии «Деревья и кустарники СССР» приведено 48 форм этого вида, в основу их классификации положен признак формы роста [5]. Отдельные формы сгруппированы по признакам окраски хвои, они перечислены, без описания. Такая классификация показывает высокую изменчивость тиса ягодного.

Приведено пять основных форм роста: 1 – колонновидные или пирамидальные, с ветвями, направленными вверх; 2 – со свисающими побегами; 3 – распростертые; 4 – карликовые; 5 – нормального роста. В пределах этих категорий выделены группы форм с различной окраской хвои: хвоя зеленая, хвоя желтая или желто-пестрая и т.д.

В результате исследований по роду *Taxus* в гербарии БИН АН бывшего СССР, в институтах ботаники АН бывших Азербайджанской ССР, Армянской ССР и Грузинской ССР, установленная А. В. Фоминым вариация *T. baccata var. caucasica Form.*, подтверждена З. И. Гумбатовым [4, 6].

В Северной Европе распространение тиса ограничено за пределами Великобритании, Ирландии и южной Скандинавии низкими температурами и заболачиванием, а на юге – засухой и высокими температурами [7–9].

Высота произрастания над уровнем моря увеличивается с севера на юг. Это связано с потребностью во влаге. По этой же причине в районе Средиземноморья произрастание тиса обычно ограничено возвышенностями на северных склонах [7, 10, 11].

На карте представлена частота встречаемости *T. baccata* в полевых наблюдениях по данным национальной инвентаризации лесов. Хорология естественного пространственного ареала *T. baccata* получена на основании исследований (рис.1) [7, 8].

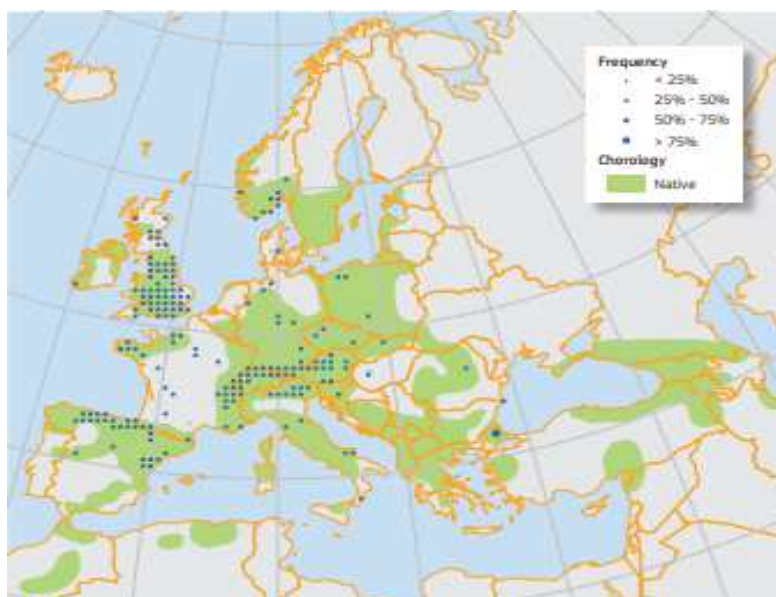


Рис. 1. Карта распределения ареала и упрощенная хорологическая карта *T. baccata* [7, 8].

В защищённых местах без особых повреждений переносит морозы до минус 20–25 °С. Морозостойкость отдельных форм тиса достигает минус 30 °С, но этого недостаточно, чтобы успешно выращивать его, в высокоствольной форме, в Средней полосе и на Северо-Западе России.

На территории постсоветского пространства изредка встречается в советской части Карпат, где встречается в горах до 1600 м, в горных лесах Крыма, Северного Кавказа и Закавказья [2, 12, 13].

В настоящее время в пределах России тис ягодный встречается преимущественно на Кавказе. Произрастает тис в Краснодарском и Ставропольском краях, в Крыму, Республиках Адыгея, Карачаево-Черкесская, Кабардино-Балкарская, Северная Осетия-Алания, Ингушетия, Чеченская и Дагестан; небольшой фрагмент ареала находится на территории Калининградской области. Западный предел распространения вида на Большом Кавказе – район Анапы и Новороссийска, а на востоке он спорадически встречается почти до побережья Каспийского моря [2].

Довольно тис обычен в лесах Колхиды, встречается в Восточном Закавказье по южным склонам Главного Кавказского хребта и в других местах. Лучшая в мире тисовая роща площадью около 700 га находится в Восточной Грузии по ущелью Бацара в верховьях р. Алазани. Преобладают деревья в возрасте 400–600 лет и старше. Высота их 25–30 м, а отдельных деревьев – до 32,5 м и диаметр до 100–160 см. Роща эта считалась священной [1, 2].

Известна также тисовая роща около Хосты с деревьями тысячелетнего возраста. Тысячелетняя роща тиса существует около Кутаиси. Известна роща тиса в Талыше, Северной Армении и других местах. В горы заходит до 1500–1600 м [12].

С целью охраны Тис ягодный был внесен в Красные книги СССР (1978, 1984), РСФСР (1988). Вид включен в Красные книги республик Адыгея (2000), Дагестан (1998), Крым (2015), Кабардино-Балкарская (2000), Северная Осетия-Алания (1999), Краснодарского (1994, 2007) и Ставропольского (2002) краев. Рекомендован к охране в Республике Карачаево-Черкесская (1988). Охраняется в Кавказском (в том числе в Сочинском участке), Тебердинском и Северо-Осетинском заповедниках. В Крыму охраняется в Крымском и Ялтинском горно-лесном природных заповедниках [2, 13].

#### **Особенности распространения тиса ягодного на Кавказе**

Общая площадь, занимаемая Тисом на Кавказе по данным 1985 года, составляла 1500 га [14]. В настоящее время чистые тисовые рощи встречаются редко, сохранились они в Грузии и Азербайджане (в Талышских горах). В основном же тис растёт под пологом широколиственных лесов (бука, граба) или вместе с другими деревьями и кустарниками – кленом, каштаном, сосной кизилом, алычой, можжевельником, мушмулой.

Редко *T. baccata* входит в состав третьего яруса (12 %). В 17 ценопопуляциях (20 %) он входит в состав первого яруса, а в очень редких случаях – преобладает. Такие леса с господством *T. baccata* – тисняки – на российской территории Кавказа расположены только в бассейне р. Хоста. Здесь тисняки занимают в общей сложности около 30 га, что составляет около шестой части рощи [14].

В смешанных тисовых рощах преобладают 400–600 летние деревья, нижние ветви которых и ствол покрыты эпифитными мхами и оплетены плющом. Такие деревья растут в первом ярусе, молодые тисы имеют кустообразную форму и образуют подлесок. Чаще всего *T. baccata* входит в состав второго яруса древостоя (в 68 % случаев).

В пределах РФ западный предел его распространения на Кавказе – район Анапы и Новороссийска, а на востоке он спорадически встречается почти до побережья Каспийского моря [2, 14, 15].

По всему ареалу произрастает отдельными деревьями или небольшими группами, реже более значительными массивами, самый крупный из них – Хостинская тисосамшитовая роща (238 га, из них 46 га – с преобладанием тиса) в Краснодарском крае [16].

В Кавказском биосферном заповеднике известно три значительных массива (район «Большой Поляны», по склонам к р. Цице; близ р. Местык; в 3–4 км выше устья р. Местык).

В Кабардино-Балкарии тис растет в бассейнах рек Гунделен, Чегем, Шалушка, Нальчик, Черек Безенгийский, Черек Балкарский [2, 3].

В Северной Осетии ареал тиса менее 100 га. Тисовые рощи сохранились на территории Владикавказского, Пригородного, Суадагского, Алагирского, и Ирафского лесхозов, а также на территории Северо-Осетинского Государственного заповедника и федерального комплексного заказника «Цейский». Состояние тиса и фитоценозов с его участием в целом на территории заповедника по степени негативного воздействия мало отличаются от насаждений с участием тиса в других категориях лесов [3, 16, 17].

В Чечне и Ингушетии – в верховьях р. Нетхой, юго-западнее с. Марджой-Берем, в Ачхой-Мартановском лесхозе (220 га).

В Дагестане тис ягодный растет в предгорных лесах Касумкентского, Табасаранского, Кайтагского, Дахадаевского, Сергокалимского, Буйнакского, Новолакского и Казбековского районов [2, 17].

В прошлом *T. baccata* был широко распространен по Западному Кавказу, в последствии, благодаря массовым вырубкам произошло сильное сокращение его ареала. Характерной особенностью его произрастания в регионе теперь является спорадичность его размещения.

Многими авторами, ранее занимавшимися изучением *T. baccata* на Кавказе, такими, как П. Д. Лазук, И. А. Ругузов, А. А. Колаковский, М. В. Придня, А. Б. Базаев, отмечено отсутствие возобновления *T. baccata* под собственным пологом [18–23].

В ходе исследований популяций *T. baccata* в тисо-самшитовой роще Кавказского заповедника (кластерный участок площадью 301 га, бассейн р. Хоста), профессор П.Д. Лазук сделал предположение, что самосев под пологом тисового леса погибает от недостатка света и влияния особой лесорастительной среды, создаваемой тисовым насаждением (лесная подстилка, кислотность почвы, влияние обильного отпада хвои). Его эксперименты по искусственному разведению *T. baccata* в тисняках показали гибель саженцев в течение трех лет [19].

Резчиковой О. Н. проведен мониторинг произрастания тиса на территории Западного Кавказа в период с 2007 по 2017 года. Обследованию подверглись предгорные и горные районы центральной части Западного Кавказа [14, 24].

Данные рисунка показывают, что возобновление *T. baccata* чаще встречается в более разреженных древостоях с менее плотным травянистым ярусом. Анализ

показал, что в целом среди найденного возобновления доля жизнеспособного составляет 78 % (рис. 2) [14, 24].

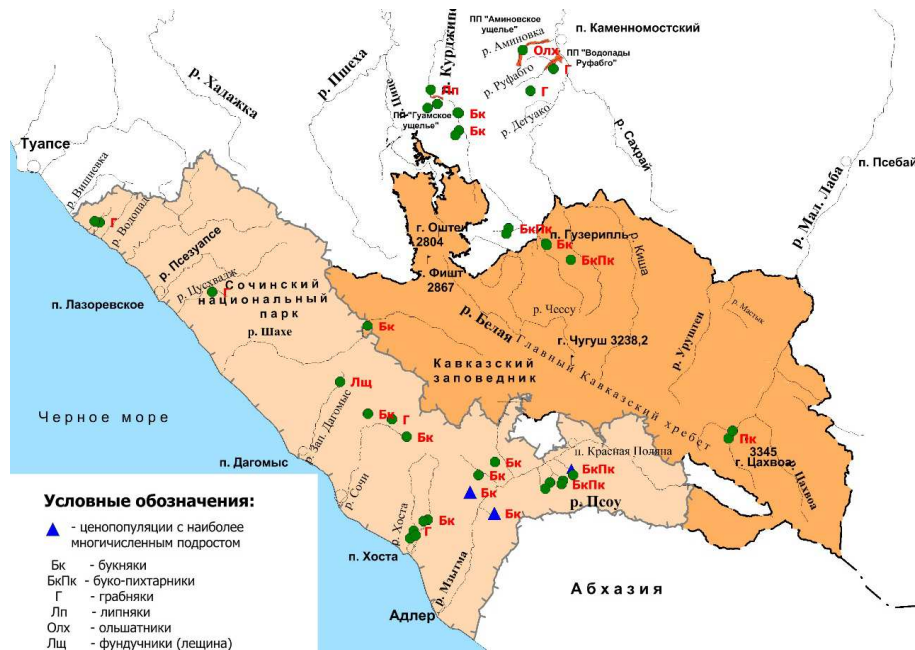


Рис. 2. Тематическая карта распределения возобновляющихся ценопопуляций *T. baccata* по территории с учетом типа леса, условий мест произрастания и численности возобновления [14, 24].

В результате анализа соотношения в ценопопуляциях между собой, возобновления разной категории крупности и деревьев разного размера, авторами были получены три группы популяций: с преобладанием крупных растений; с преобладанием мелких растений и с максимумами в мелкой и крупной частях [14].

Общее количество мест произрастания *T. baccata* в центральной части Западного Кавказа в настоящее время сравнительно небольшое. Сами ценопопуляции немногочисленные и небольшие по площади. Как результат прошлых массовых вырубок, они распространены по территории эпизодически. Причем наиболее часто они теперь встречаются на труднодоступных крутых и очень крутых склонах на охраняемых территориях, в пределах которых он растет в самых разнообразных условиях. Можно лишь выделить наиболее типичные: среднегорные букняки, пихтарники, буко-пихтарники и грабняки с колхидским подлеском, чаще на северо-восточных и юго-восточных склонах, во влажных и свежих типах условий места произрастания [14, 24].



### Особенности распространения тиса ягодного в Крыму

Исследования распространения тиса ягодного в Крыму, приведенные разными авторами в периоды с 1925 по 1975 года, показали следующие местонахождения тиса.

В нижнем поясе северного склона главного Крымского хребта или в предгорной части Крыма, в дубовых лесах, близ Качи и вершины Мангуп-Кале [25, 26].

В верхнем поясе северного склона в буковом лесу тис встречается от Сююр-Кая и Коккоз до восточного склона Чатырдага, вдоль русла реки Бойка в большом районе близ с. Коккоз (Соколиное), а также на спуске с Ай-Васильевской яйлы к д. Стиля и к д. Биюк-Узенбеш; на спуске с горы Черной; Ущелина вправо от Сары-су; около Козьмо-Демьяновского монастыря; между Козьмо-Демьяновском и Алуштой [27, 28].

В лесах южного склона главного Крымского хребта тис был описан С. С. Станковым в горах над Симеизом; в верхней части подъема на Ай-Петри со стороны Кореиза и со стороны Алупки. Вульфом Е. В. тис описан близ Пендикуля; в верхней части подъема на яйлу из Ялты по Штенгеевской тропе; над Ялтой; по дороге на Учан-Су; в верхней части подъема на Ново-Гурзуфской дороге в буковом лесу «Талма» над Дегерменкоем; на спуске с Табарин-Яйлы в ущелье Авунды; у водопада Джур-Джур, близ деревни Улу-Узень [28–33].

На вершинном плато главного хребта тис был найден на Байдарской яйле; на яйле над Узунджи; на Ай-Петринской яйле, у самой вершины; на Бабуган яйле; на среднем плато Чатыр-дага; в буковом лесу на северо-востоке Демереджи-яйлы, на горе Демерджи и на Караби яйла, в воронке близ Обсерватории [34–36].

То, что в Крыму тис был в прошлом более распространен, чем в настоящее время подтверждают старые, единичные деревья тиса, на недоступных местах яйлы, которые носят, несомненно, реликтовый характер. Е. В. Вульф и другие литературные источники указывают на произрастания тиса там, где в настоящее время его нет [35, 36].

В своей работе Т. Д. Водопьянова и Г. Д. Гришанкова на основании посещения мест произрастания тиса в Крыму намечают экологический ряд ассоциаций и делают вывод о том, что приуроченность тиса к тенистым широколиственным лесам обусловлена не столько сильным затенением, сколько создаваемой ими повышенной влажностью. Позже с увеличением сухости климата он сохраняется только в укрытиях [37].

Проведение И. А. Ругузовым обследования мест произрастания *T. baccata* в Крыму показало, что на открытых местах в изолированных группах тиса преобладают мужские организмы, а в условиях затенения женские [38–42].

Согласно современным данным, по ориентировочным подсчетам в Крыму имеется около 18000 экземпляров средневозрастных и старых экземпляров тиса. Тис ягодный распространен на большей части главной гряды Крымских гор от западных склонов Ай-Петринской яйлы на западе от Караби яйлы на востоке. В долинах рек Качи и Бельбек ареал тиса отодвигается к северу в предгорную зону (Качикален, Мануп-Кале, Большое садовое). Растет тис в верхней части южного (700–1200 м н.у.м.) и на северном (500–1200 м н.у.м.) макросклоне Главной и Второй гряды. На южных склонах главной гряды линия произрастания тиса

опускается до высоты 500–600 м н.у.м. (например, у водопада Джур-Джур и в районе г. Ялты), на северных склонах она снижается до 200 м н.у.м. Многочисленные популяции в районе Большого Каньона Крыма (400 экз.), г. Тырке (с. Генеральское) (800 экз.). Старые деревья имеют возраст более 1000 лет и диаметр до 1,5 м (ур. Уч-Кош).

Обычно тис ягодный встречается во втором ярусе смешанных лесов отдельными экземплярами или небольшими группами. Приурочены к тенистым лесам на бурых эвтрофных почвах на карбонатах, в ущельях, на скалах, крутых склонах, в условиях специфического микроклимата (высокой влажности воздуха, затенения). Растет в скально-дубовых и буковых лесах (рис. 3) [13].

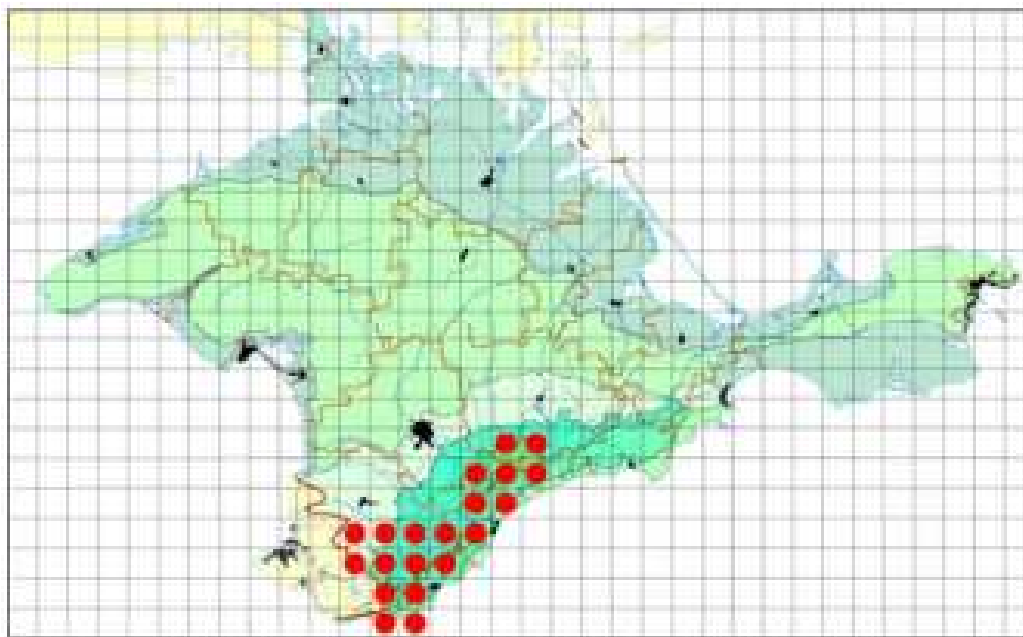


Рис. 3. Карта ареала *T. baccata* в Республике Крым [13].

В Крыму встречаются тисовые рощи. Самая большая из них – в Бельбекской долине, урочище Ешиль-Богаз, в окрестностях сел Малое Садовое и Куйбышево, Бахчисарайского района (более 2000 деревьев).

Кроме перечисленных мест тис отмечен в лесах Крымского заповедника, где деревья тиса встречаются в меньших количествах и преимущественно единичными экземплярами.

#### **Влияние условий произрастания тиса ягодного на его морфологические и биоэкологические особенности**

Тис ягодный, или европейский (*T. baccata* L.) – вечнозеленое двудомное многоствольное дерево высотой до 20 м, в отдельных случаях до 28 м, с густой, иногда многовершинной яйцевидно-цилиндрической кроной. За счет его

долговечности стволы могут достигать 1,5 м в диаметре. Встречаются экземпляры кустообразной формы, высотой до 3-х метров. Ствол обильно покрыт спящими почками, которые могут давать начало боковым побегам. Кора на молодых побегах гладкая, красноватая или розовато-серая, позже отделяется пластинками. Древесина тиса, с буро-красным ядром и белой узкой заболонью, плотная, твердая, тяжелая, стойкая против гниения. Смоляных ходов нет. Народные названия тиса даны по описанию коры: красное дерево, негниючка, тес, тисина, негной-дерево. Листья на побегах, направленных вверх, расположены спирально, на горизонтальных – двурядные, почти гребенчатые, линейные, иногда слегка серповидно согнутые, 20–35 мм длиной и 2–2,5 мм шириной. Сверху лист имеет выдающуюся продольную жилку, снизу – две сероватые устьичные полосы. Почki голые, сидят на коротких черешках в пазухах листьев. Семена, покрытые ярко-красной, реже желтой, мясистой кровелькой (ариллусом) [14, 43, 44].

Тис теневынослив, ветроустойчив, требует достаточного увлажнения почвы, но сырых почв избегает. Растет очень медленно во всем лесном поясе, преимущественно до 1200 м, в тенистых лесах, на скалистых склонах в ущельях рек, хорошо растёт на свежих подзолистых суглинистых, подстилаемых известняками, и даже на глубоких бурых почвах. На сухих, заболоченных и сильно подзолистых почвах растет очень медленно, образуя кустообразные формы. Переносит хорошо задымление и загазованность. Морозостойкость отдельных форм тиса достигает минус 20–30 °С, но этого недостаточно, чтобы успешно выращивать его, в высокоствольной форме, например, в Средней полосе и на Северо-Западе России. В молодом возрасте тис страдает от заморозков воздействия прямых солнечных лучей [45–48].

Хвоя тиса темно-зеленая сверху, более светлая снизу, одиночная, длиной 16–25 мм, шириной 2–2,5 мм, блестящая, расположена двурядно, с коротким на конце типиком. Держится на ветвях до 6–8 лет. Мужские колоски из 6–8 тычинок с желтыми пыльниками. Семяпочки на коротких черешках сидят в пазухах листьев. Хвоя, кора, древесина ядовиты. Присемянник и ядро семени съедобны, охотно склевываются и распространяются птицами [2, 14, 44–47].

Разнообразие современных природных условий, в которых произрастает тис ягодный, нашло отражение в структуре хвои. С ухудшением условий произрастания наблюдается увеличение толщины хвои и палисадности, уменьшение высоты клеток верхней и нижней эпидермы [14, 46, 49].

В связи с исследованиями засухоустойчивости тиса ягодного и некоторых его форм Г. В. Куликовым и И. А. Ругузовым проведено изучение изменения общего состояния воды и прочности ее удержания структурными элементами хвои. Хвоя обладает устойчивостью к высоким температурам. В наиболее засушливый период года общим для всех форм тиса является снижение содержания воды в хвое к концу этого периода и увеличение водоудерживающей способности хвои. Мощный восковой покров является показателем затрудненного водоснабжения тканей надземных органов. Синтез воска ослабляет эффект воздействия неблагоприятных климатических факторов и сокращает амплитуду обмена веществ. Полная гибель хвои наступает при температуре 69–70 °С [38].

Степень развития гистологических элементов хвои тиса изменяется в зависимости от места произрастания, от местоположения в кроне дерева и от условий освещенности.

Изменение лесорастительных условий вызывает глубокие изменения в строении хвои, что обуславливает образование двух основных и резко различных экологических типов: мезоморфного и ксероморфного [39–41].

Хвоя мужских растений более ксероморфна, чем женских, она более толстая, имеет развитую кутикулу и эпидерму. У деревьев с увеличением высоты над уровнем моря хвоя менее ксероморфна [39, 43].

На хвое тиса ягодного, обитающего в разных экологических условиях, можно наблюдать различную степень отложения воска. В результате изучения физиологической роли воска эпидермы хвойных Дальнего Востока было установлено, что наиболее толстый слой воска откладывается при недостатке воды в почве и при сильной инсоляции. С увеличением слоя воска снижается транспирация. Мощный восковой покров является показателем затрудненного водоснабжения тканей надземных органов. Синтез воска ослабляет эффект воздействия неблагоприятных климатических факторов и сокращает амплитуду обмена веществ [2, 49–54].

Покровная ткань стеблей молодых побегов тиса представлена эпидермой. Эпидерма функционирует в течение 3–4 лет, пока перидерма не образует сплошного чехла. Расположенная под эпидермой паренхима листовых подушек сложена крупными тонкостенными клетками. Первичная кора сложена многогранными или овальными изодиаметрическими клетками с межклетниками. Клетки периферической части первичной коры содержат много хлоропластов [49, 50].

Перидерма у тиса формируется на протяжении нескольких лет, начиная со второго года. С 5–7-летнего возраста, когда листовые подушки опадают, у тиса ягодного происходит активное образование пробки, и общая толщина перидермы в верхней части ствола составляет свыше 400 мкм [17, 44, 47].

Тис прекрасно переносит стрижку, крона долго сохраняет приданную ей форму, легко образует новые побеги из спящих почек, до глубокой старости сохраняет высокую побегообразующую способность. Корни тиса ягодного имеют два периода большого роста (весенний и осенний) и два периода малого роста (летний и зимний). Большой ранний рост происходит с апреля по август одновременно с ростом побегов, а осенний – в сентябре-ноябре. При отсутствии необходимой влажности почвы (выше 12–13 %) осенний большой рост корней иногда не проявляется. На корнях сильно развита микориза.

Цветет тис в апреле-мае. Распространяются семена птицами, поедающими темно-красный присемянник. Полнозернистость семян до 90 %. Всхожесть сохраняют до 4 лет.

Плодоносить тис начинает на открытых местах с 30–35 лет, в насаждениях – с 70 лет и позже. Цветет и плодоносит почти ежегодно.

Всходы с двумя семядолями. При осеннем посеве свежесобранных семян всходы появляются весной. Для весеннего посева семена следует стратифицировать.

Посев нестратифицированными семенами задерживает появление всходов на 2–3 года [14, 15, 52–57].

Размножается тис преимущественно семенами, дает поросль от пня и эту способность сохраняет до глубокой старости. Садовые формы размножают черенками, реже – отводками или прививкой [4, 58, 59].

Ягоды у тиса с красной мясистой кожурой (единственная нетоксичная часть дерева) вокруг темного центрального семени. Появляются после опыления ветром. Распространение семян происходит за счет птиц, которые питаются этими ягодами. Тис также способен к вегетативному размножению.

#### **Адаптивные морфолого-анатомические особенности тиса ягодного на Кавказе**

Произрастание тиса напрямую связано с адаптивными морфолого-анатомическими особенностями этого вида. Приведем примеры изучения анатомического строения, для анализа особенностей признаков в связи с условиями произрастания тиса ягодного в Дагестане, предгорных и горных районах центральной части Западного Кавказа, описанные разными авторами в период с 2006 по 2021 года.

Деревья *T. baccata*, с которых взяты однолетние и пятилетние листья для изучения, произрастают в буковом лесу на участке «Терменлик» (977 м н.у.м.) северного макросклона Гимринского хребта Предгорного Дагестана. Почвы здесь лесные бурые, в среднем за год выпадает 600–800 мм осадков, минимальная температура холодного периода минус 27–30 °С, средняя летняя температура 20–21 °С.

Листья *T. baccata* имеют развитую кутикулу, толщина которой на верхней и нижней эпидерме практически одинаковая. Высота клеток нижней эпидермы на поперечном срезе несколько больше высоты клеток верхней эпидермы. Палисадная ткань двурядная, общая мощность которой составляет около 100 мкм. Губчатая ткань пяти-, реже четырех- и шестирядная. Клетки губчатой ассимиляционной паренхимы крупнее клеток палисадной ткани, слегка удлиненные. Проводящий пучок окружен трансфузионной тканью, отделенной от мезофилла одним слоем клеток паренхимной обкладки. Структурные элементы флоэмы плохо различимы, а ксилема образована большим числом радиальных рядов трахеид. По бокам с двух сторон к флоэме примыкают альбуминовые клетки (три слоя) [11, 17].

При изучении анатомического строения хвои А. Б. Базаевым было выявлено, что отношение площади сечения проводящей системы к общей площади поперечного сечения хвои может служить важным показателем чувствительности тиса ягодного к влажности воздуха и почвенному увлажнению в зависимости от высоты н.у.м. [15, 45, 55].

У деревьев с увеличением высоты над уровнем моря хвоя менее ксероморфна. Данный вывод подтверждается также тем, что парциальные объемы кутикулы и эпидермы аналогичным образом возрастают с увеличением высоты над уровнем моря. Устьица располагаются только на нижней поверхности хвои по обе стороны жилки полосками. В анатомическом строении листьев *T. baccata* выявлены значительные изменения показателей, что связано с их старением и сокращением

продолжительности жизни хвоинок от 10 возможных до 5 лет. Наиболее изменчивыми оказались показатели губчатой паренхимы, которая чувствительна к изменениям факторов внешней среды и особенно водоснабжения и освещенности листа. На пятом году жизни хвои ее размеры увеличиваются, при одновременном изменении показателей изодиаметричности клеток, что приводит и к усилению доли ее участия в процессах ассимиляции. На пятом году жизни увеличиваются и общие показатели поперечного среза хвои и ее проводящего пучка [58].

Авторами было выдвинуто предположение о том, что места произрастания тиса ягодного в Дагестане находятся на границе его ареала и не являются для него оптимальными [15, 17, 58].

Участки с прохладным летом и более высокой относительной влажностью воздуха (расположение во влажных северных долинах) обеспечивают более благоприятные условия для роста морфологических признаков хвои тиса по сравнению с участками с более высоким среднегодовым количеством осадков в лесах.

Почки круглые, голые, тупые, со светло-коричневыми чешуями, сидят в пазухах листьев. Терминальные почки на побегах второго порядка ветвления за вегетационный период формируют до четырёх ярусов кроющих чешуи, под ними находятся листовые бугорки. Апикальная меристема имеет характерную зональность гистологической структуры. Апекс в период роста имеет вытянутую полуэллипсоидальную форму высотой около 60 мкм. Диаметр его основания около 100 мкм. Стеблевая часть почки имеет остро-коническую форму, сердцевина содержит много таниновых клеток.

Данные исследований А. Б. Базаева тиса ягодного в Северной Осетии позволяют говорить о том, что даже в урожайные годы не все деревья репродуктивного возраста способны нести семена [15].

Вегетационный период для тиса ягодного продолжается 8 месяцев, с апреля по октябрь. Период «цветения» начинается во второй половине марта, реже в апреле и продолжается до мая. Выделение спор стробилами или, так называемое, «пыление» происходит с марта по май. Пыление мегаспорангиев начинается раньше, а заканчивается позже, чем аналогичная фаза микроспорангиев, что является приспособлением для гарантированного оплодотворения.

Тис ягодный чувствителен к сильным мартовским морозам, часто наступающим после длительных оттепелей. В результате возврата морозов и обильных снегопадов сильно страдают молодые побеги. Таким же отрицательным фактором являются сильные засухи во второй половине лета, они снижают текущий прирост и посевные качества семян. Плод – ложная мясистая ярко-красная ягода, почти шаровидная. Семя слегка сплюснутое с 2–4 ребрышками, с очень твердой мелкоточечной оболочкой. Мясистое кольцо (присемянник) вокруг семени ярко-малиновое, сочное, сладкое на вкус [50].

Мезофит, сциофит, кальцефил. Устойчив к грибным заболеваниям, однако опасным паразитом является губка серно-желтая на корнях развивается эндотрофная микориза.

### Популяционно-морфологические аспекты сохранения тиса ягодного в Крыму

Ствол тиса, произрастающего в Крыму, ребристый, сбежистый, с густой, иногда многовершинной кроной и тонкой красновато-коричневой корой. Окраска древесины может изменяться под действием воды: красный цвет становится пунцово-фиолетовым, а от долгого пребывания в воде – почти черным. Типовая форма и многочисленные культивары тиса ягодного относительно легко размножаются черенкованием. Однако необходимо учитывать, что в предгорном и степном Крыму тис ягодный выращивается за пределами естественного ареала в иных почвенно-климатических условиях и фактически является интродуцентом. Как оказалось, тис ягодный в городских насаждениях Симферополя, несмотря на ежегодную закладку репродуктивных органов, образует семена не каждый год [61].

Микростробилы одиночные мелкие (0,5–0,7 см), состоят их нескольких щитковидных спорофиллов, расположены в пазухах вегетативных листьях, в шаровидных стробилах, окруженных черепитчато расположенными чешуйками. Мегастробилы одиночные, с одним, редко двумя семязачатками, состоят из нескольких семяпочек, окруженных черепитчато расположенными овальными чешуйками, из которых формируется сочный красный присемянник (ариллус), имеющий зеленый цвет в начале [60–64].

У *T. baccata* микростробилы и семяпочки формируются в пазухах листьев на побегах текущего прироста в акропетальной последовательности. Первые признаки формирования генеративных почек обнаруживаются после окончания роста боковых побегов в конце мая – середине июня. Во второй половине июля они имеют полностью сформированные почечные покровы. К концу августа у формирующихся микростробиллов бывают заложены все микроспорофиллы, а у женских деревьев начинает формироваться интегумент семяпочек [61].

В зачаточных микростробилах к концу сентября завершается закладка микроспорангиев и идет развитие археспориальной ткани. Обособление материнских клеток микроспор в наиболее развитых микростробилах наблюдается в середине декабря. Переходу семяпочек в рецептивное состояние предшествует удлинение их микропилярного канала, выступающего на высоту 0,6–1,0 мм над почечными покровами мегастробила. Этот этап развития семяпочки длится около двух недель до готовности семяпочек воспринимать пыльцу.

Рассеивание пыльцы наступает после предварительного растяжения (роста) оси микростробила и расхождения микроспорофиллов микростробила. Этот этап («распускание микростробиллов») может длиться до 10–12 дней. В связи с резким падением ночных температур до минус 3–5 °С у большинства деревьев растягивающиеся гидратированные клетки осей микростробиллов оказывались поврежденными. Как показал анализ содержимого микроспорангиев у пораженных микростробиллов, несмотря на наличие нормально развитой пыльцы, они утратили способность к раскрытию. Микростробилы, заложенные ближе к верхушке побегов, при потеплении нормально пылили. Массовое поражение распускающихся микростробиллов низкими ночными температурами привело к отсутствию семян у абсолютного большинства деревьев тиса ягодного в предгорной зоне Крыма.

Нормально опыленные семяпочки в середине мая могут быть легко идентифицированы как развивающиеся семена. Неопыленные женские стробилы к началу мая отмирают и осыпаются. У большинства деревьев тиса ягодного все семена полностью созревают в первой декаде сентября, что легко определяется по окраске ариллуса [61].

Вышеприведенные данные свидетельствуют, что у тиса ягодного в предгорной зоне Крыма одной из уязвимых фаз годового цикла репродуктивного развития является «распускание микростробилов», что связано с поражением гидратированных клеток их оси отрицательными температурами. Наличие деревьев поздно пылящей фенологической формы открывает возможность создания в предгорной зоне Крыма надежной семенной базы, путем создания насаждений с включение мужских деревьев, отличающихся по ритму развития микростробилов [2, 13, 61].

Тис очень устойчив по отношению к микозам и поражениям насекомыми, хотя в определенных условиях может от них страдать.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тис ягодный теневынослив, ветроустойчив, требует достаточного увлажнения почвы, но сырых почв избегает. Задымление и загазованность переносит хорошо, поэтому устойчив в городской среде. В молодом возрасте тис страдает от заморозков и прямого влияния солнечных лучей.

Прекрасно переносит стрижку, крона долго сохраняет приданную ей форму, легко образует новые побеги из спящих почек, до глубокой старости сохраняет высокую побегообразующую способность. Корни тиса имеют два периода большого роста (весенний и осенний) и два периода малого роста (летний и зимний). При отсутствии необходимой влажности почвы (выше 12–13 %) осенний большой рост корней иногда не проявляется. На корнях сильно развита микориза.

Внимание многих ученых привлекает процесс возобновления популяций тиса ягодного. Вид характеризуется в целом слабым семенным возобновлением. Это объясняется биоэкологическими особенностями *T. baccata*: длительностью онтогенеза; длительностью периода покоя семян, их слабой летучестью и, как следствие, зависимостью от распространителей; двудомностью растений; затруднительностью опыления, осложненной разобщенностью и рассеянностью многих деревьев тиса, а также несовпадением фенофаз цветения мужских и женских особей в связи с их произрастанием на разной высоте; необходимостью в рассеянном освещении в первые годы жизни растения и др. В то же время у *T. baccata* есть сильный защитный механизм – высокая порослевая способность, возможность образовывать стволы на месте поврежденных верхушек и экологическая пластичность вида [14].

Произрастание тиса ягодного на территории Российской Федерации, в частности на Кавказе и в Крыму, зависит от абиотических факторов, влияющих на морфологические и биоэкологические особенности этого вида.



Еще одним фактором, приводящим к уменьшению площади лесов с участием тиса в их составе, связано с нарушением условий воспроизводства тиса, и в первую очередь семенного возобновления.

На Кавказе тис ягодный чувствителен к сильным мартовским морозам, часто наступающим после длительных оттепелей. Таким же отрицательным фактором являются сильные засухи во второй половине лета, они снижают текущий прирост и посевные качества семян.

В анатомическом строении листьев *T. baccata* выявлены значительные изменения показателей, что связано с их старением и сокращением продолжительности жизни хвоинок от 10 возможных до 5 лет. Выдвинуто предположение о том, что места произрастания тиса ягодного в Дагестане находятся на границе его ареала и не являются для него оптимальными.

В Крыму в период репродуктивного развития тиса уязвимыми фазами годичного цикла является распускание микростробиллов, что связано с поражением гидратированных клеток отрицательными ночными температурами до минус 3–5 °С, как следствие существенно снижает количественные показатели опыления женских стробил [61].

Хищническое истребление, хозяйственное освоение в местах обитания, рубки лесов, нарушение условий произрастания, строительство газо- и трубопроводов, лесомелиоративные работы, рекреация; обилие консументов, подчиненное положение в фитоцентрах также являются лимитирующими факторами распространения тиса.

В последние десятилетия приняты меры по охране тиса ягодного, занесением этого вида в Красную книгу РФ и Красные книги республик РФ, списки ООПТ на территории России, что позволило частично решить вышеизложенные проблемы. Однако старовозрастных деревьев сохранилось очень мало.

Проведение инвентаризации всех местонахождений тиса (массивов и отдельных деревьев), полное запрещение рубок и выпаса скота в лесах с участием вида, включение в состав заповедников сопредельных участков, на которых он произрастает, организация ООПТ для охраны крупных изолированных массивов тиса позволит сохранить существующий ареал распространения этого уникального вида. Дальнейшие исследования позволят проследить развитие ситуации с естественным возобновлением развитием тиса ягодного в Крыму.

#### Список литературы

1. Красная книга РСФСР Растения. – М.: Росагропромиздат, 1988. – С. 464–465.
2. Красная Книга Российской Федерации / ред. Л. В. Бардунов, В. С. Новиков. – М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ и Росприроднадзор, 2008. – С. 565–566.
3. Арбузов Б. В. Тис ягодный в Северо-Осетинском заповеднике и на сопредельной территории / Б. В. Арбузов, В. Д. Казьмин // Охрана и изучение редких видов растений в заповедниках. – 1992. – С. 92–101.
4. Фирсов Г. А. Хвойные в Санкт-Петербурге / Г. А. Фирсов, Л. В. Орлова. – Изд-во: Фитон XXI, 2019. – С. 429–441.

5. Деревья и кустарники СССР: дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции в 6 т. Т.1: Голосеменные / ред. С. Я. Соколов, Б. К. Шишкин. – М.: Изд-во АН СССР – 1949. – 464 с.
6. Гумбатов З. И. Экологический и морфолого-анатомический анализ тиса ягодного (*Taxus baccata* L.) в Закавказье и вопросы его охраны // автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук, АН СССР. Гл. ботан. сад М.З – 1989. – 19 с.
7. Jalas, J. Atlas Florae Europaeae. Distribution of Vascular Plants in Europe. 2. Gymnospermae (Pinaceae to Ephedraceae). / Jalas, J. & Suominen, J. The Committee for Mapping the Flora of Europe & Societas Biologica Fennica Vanamo, Helsinki.– 1973.– 40 pp.
8. Meusel H., Jäger E., eds., Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora - Band I, II, III (Gustav Fischer Verlag, Jena, 1998). – 1998.
9. Farjon A. An Atlas of the World's Conifers: An Analysis of their Distribution, Biogeography, Diversity and Conservation Status. Brill. / Farjon A., Filer D. – 2013. – P. 141–170.
10. *Taxus baccata* in Europe: distribution, habitat, usage and threats / Benham S. E., Houston Durrant T, Caudullo G., D. de Rigo // European Atlas of Forest Tree Species. – 2016. – 183 p.
11. Красная книга СССР: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. – Т. 2 М. – 1984. – С. 378–382.
12. Natural regeneration and gender-specific spatial pattern of *Taxus baccata* in an old-growth population in Foresta Umbra (Italy) / Federico Vessella, Antonello Salis, Mattia Scirè, Gianluca Piovesan, Bartolomeo Schirone. – 2015. – Vol. 73. – P. 75–90.
13. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. д.б.н., проф. А. В. Ена и к.б.н. А. В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 67 с.
14. Резчикова О. Н. Распространение и состояние ценопопуляций *Taxus baccata* L. на Западном Кавказе : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» / Резчикова О. Н. – 2018. – 254 с.
15. Базаев А. Б. Тис ягодный в горных лесах Осетии: особенности строения и возобновительный потенциал : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук, СПбГЛА им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург / Базаев А. Б. – 2006. – С. 44–48.
16. Мониторинг тиса в Хостинской тисо-самшитовой рощи по данным с беспилотных летательных аппаратов / Н. А. Алексеенко, А. Р. Бибин, Е. А. Грабенко, А. А. Медведев // Устойчивое развитие особо охраняемых природных территорий: материалы III Всерос. науч.-практ. конф, 30 ноября –2 декабря 2016 г., Сочи. Т. 3. Сочи: ГБУ КК «Природный орнитологический парк в Имеретинской низменности»: Доницат, 2016. –С. 38–44.
17. Анатомическое строение вегетативных органов некоторых редких древесных видов Дагестана / З. М. Асадулаев, З. Р. Рамазанова, Г. А. Садыкова [и др.] // Ботанический вестник Северного Кавказа. – 2021. – № 2. – С. 9-12.
18. Колаковский А. А. Флора Абхазии. Т. 1. / А. А. Колаковский. – М. – 1980. – 210 с.
19. Лазук П. Д. Тис и его восстановление на Северо-Западном Кавказе / П. Д. Лазук // Труды КГЗ. – Краснодар. – 1967. – Вып. 9. – С. 285–301.
20. Ругузов И. А. Распространение тиса в Кабардино-Балкарии / И. А. Ругузов // Природа Кабардино-Балкарии и ее охрана. – 1966.– С.136–142.
21. Придня М. В. Фитоценотические позиции и структура Хостинской популяции тиса ягодного в Кавказском биосферном заповеднике / М. В. Придня // Экология. – 1984. – № 1. – С. 3–8.
22. Тис ягодный в центральной части Северного Кавказа / В. В. Слепых, Т. Г. Шидер, И. И. Котляров, М. В. Придня // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2004. – С. 1250–1260.
23. Pridnya M. V. Phytocenotic status and structure of Khosta population of *Taxus baccata* in the Caucasian Biosphere Reserve / M. V. Pridnya // Ecology. – М.: Nauka, 1984. – No 1. – P. 3–8.
24. Резчикова О. Н. Характер возобновления *Taxus baccata* на Западном Кавказе / О. Н. Резчикова // «Вестник АГУ». – 2017. – Вып. 3 (206). – С. 88–94.
25. Буш Н. А. Обзор работ по флоре и растительности Крыма, Кавказа и Закавказья с 1920 по 1929 гг. / Н. А. Буш // Журнал Русского ботанического об-ва. – Л., 1930. – С. 335–364.
26. Буш К.К. Применение системного анализа в лесоведении / К. К. Буш, И. К. Иевинь // Лесоведение. – № 1. – 1975. – С. 15–19.
27. Вульф Е. В. Растительность восточных яйл Крыма / Е. В. Вульф. – Москва, 1925. – 166 с.

28. Вульф Е. В. Материалы по фитофенологии Южного берега Крыма / Е. В. Вульф // Записки Никитского ботанического сада. – 1925. – С. 47–62.
29. Вульф Е. В. Флора Крыма / Е. В. Вульф. – Л.: Изд-во Никитского ботанического сада, 1927. – Т. 1, Вып. 1. – 54 с.
30. Вульф Е. В. Флора Крыма / Е. В. Вульф. – Л.: Изд-во Никитского ботанического сада, 1929. – Т. 1, Вып. 2. – 77 с.
31. Вульф Е. В. Флора Крыма / Е. В. Вульф. – Л.: Изд-во Никитского ботанического сада, 1930. – Т. 1, Вып. 3. – 126 с.
32. Станков С. С. Растительность Южного берега Крыма / С. С. Станков // Крым. – № 2. – 1926.
33. Станков С. С. Основные черты в распределении растительности Южного берега Крыма / С. С. Станков // Ботан. журн. СССР, 1933. – Т. 18, Вып. 1–2. – С. 66–94.
34. Вульф Е. В. Флора Крыма / Е. В. Вульф. – М., Л.: Огиз-Сельхозгиз, 1947. – Т. 2, Вып. 1. – 330 с.
35. Вульф Е. В. Флора Крыма / Вульф Е. В. – М.: Сельхозгиз, 1951. – Т. 1, Вып. 4. – 155 с.
36. Цырщина Т. С. Тис в Крыму / Т. С. Цырщина // Труды Никитского ботанического сада. – 1948. – Т. 25, Вып. 1–2.
37. Водопьянова Т. Д. Новые данные о тисе в Крыму / Т. Д. Водопьянова, Г. Е. Грижанков // Ботанический журнал. – 1967. – Т. 52 – С. 967–970.
38. Ругузов И. А. К вопросу воспроизводства тиса в лесах / И. А. Ругузов // Природа Кабардино-Балкарии и её охрана. – 1972. – С. 81–83.
39. Ругузов И. А. К изучению ксерофитности тиса ягодного / И. А. Ругузов, Г. В. Куликов // Природа Кабардино-Балкарии и её охрана. – 1972. – Вып. 3. – С. 72–80.
40. Ругузов И. А. Изменчивость анатомических показателей листа тиса ягодного в зависимости от условий местообитания / И. А. Ругузов, Г. В. Куликов // Экология. – 1973. – С. 90–94.
41. Ругузов И. А. Формирование мужского гаметофита у некоторых представителей сосновых, кипарисовых и тисовых / И. А. Ругузов, Л. У. Склонная // Цитолого-эмбриологическое исследование высших растений. – 1992. – Т. 113. – С. 62–73.
42. Ругузов И. А. Формирование женского гаметофита у некоторых представителей сосновых, кипарисовых и тисовых / И. А. Ругузов, Л. У. Склонная // Цитолого-эмбриологическое исследование высших растений. – 1992. – Т. 113. – С. 80–87.
43. Morphological traits variation of needle in males and females yew (*Taxus baccata* L.) in the Nyrncanian forests of Iran / A. Hematzadeh, O. Esmailzadeh, S. Gh. Jalali [et al.] // Iranian Journal of Forest and Poplar Research. – 2021. – Vol. 28. – No 4. – P. 423–435
44. Красилов З. А. О классификации устьичных аппаратов / З. А. Красилов // Палеонтол. журнал. – 1968. – № 1. – С. 102–109.
45. Крайнюк Е. С. Лекарственные растения Крыма / Е. С. Крайнюк. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2018. – С. 312–314.
46. Кулиев В. Ш. Тис ягодный / В. Ш. Кулиев, З. И. Гумбатов // Природа. – 1985. – № 3. – С. 96–97.
47. Денисов С. А. Лесоведение. Естественное возобновление леса / С. А. Денисов, В. М. Егоров. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2004. – 67 с.
48. Дерюгина Т. В. Особенности морфологического строения некоторых видов рода тис (*Taxus* L.) / Т. В. Дерюгина, Н. Д. Нестерович // Доклад АН БССР, 1981. – Т. 25, № 7. – С. 652–655.
49. Еремин В. М. Сравнительная анатомия коры сосновых // автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. биол. наук / Еремин В. М. – Кишинев, 1984. – 47 с.
50. Базаев А. Б. Свойства древесины тиса ягодного / А. Б. Базаев, А. В. Грязькин, Х. М. Хетагуров // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – № 53. – Ч. 2. – С. 171–176.
51. Гумбатов З. И. Материалы о фитоценологической структуре тисовых насаждений в лесах Закавказья / З. И. Гумбатов, В. Ш. Кулиев // Изв. АН Аз.ССР, сер. Биол. – 1985. – № 4. – С. 129–133.
52. Семагина Р. Н. Состояние естественного возобновления тиса ягодного в причерноморских лесах кавказского заповедника / Р. Н. Семагина // Бюл. московского общества испытателей природы, отд. биолог. – 1983. – Т. 88, Вып. 4. – С. 146–149.
53. Шхагапсоев С. Х. Экологические особенности и новые местонахождения тиса ягодного в Кабардино-Балкарии / С. Х. Шхагапсоев, Д. К. Гериев, Н. В. Старикова // Вести Кабардино-Балкарского государственного университета. Сер. Биол. науки. – 1999. – Вып. 3. – С. 19–23.

54. Ворошилова Г. И. Морфолого-анатомическое строение листа и древесины тиса *Taxus cuspidata* Sied. et Zucc. / Г. И. Ворошилова // В кн. Редкие исчезающие древесные растения юга Дальнего Востока. – Владивосток. – 1978. – С. 129–132.
55. Орлова С. Я. Строение вегетативных органов тиса ягодного, анатомическое изменение листьев разного возраста и распределение в них фенольных соединений / С. Я. Орлова // Известия АН Азерб. ССР. Серия биол. науки. – 1978. – № 6. – С. 14–19.
56. Куприянова Л. А. Морфология пыльцевых зерен *Taxus baccata* (Taxaceae) / Л. А. Куприянова, З. И. Гумбатов // Бот. журн.– 1988. – Т. 73, № 5. – С. 661–665.
57. Rao A. R. On the distribution, structure and ontogeny of sclereides in *Taxus baccata* L. / A. R. Rao, M. Malaviya // Proc. National Inst. Sci. India. Part B. – 1965. – Vol. 31. – P. 114–122.
58. Yew berry in dendrocenoses of North Ossetia / A. B. Bazaev, A. V. Gryazkin, Kh. M. Khetagurov [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. March-April. – 2019. – Vol. 10 (2). – P. 926–937.
59. Hejnovicz A. Anatomia, embriologia i kariologia *Taxus baccata* L. / Hejnovicz A. – Polska All. Inst. dendrologii. Warszawa-Poznan, 1975. – 177 p.
60. Mitchell J. G. The history and vegetation dynamics of a yew wood (*Taxus baccata* L.) in S.W. Ireland / J. G. Mitchell // New Phytologist. – 1990. – Vol. 115. – P. 573–577.
61. Захаренко Г. С. Фенологические особенности развития репродуктивных органов и завязываемость семян у тиса ягодного в предгорной зоне Крыма / Г. С. Захаренко, И. Р. Зильберварг // Экология и география растений и растительных сообществ: материалы IV международной научной конференции (Екатеринбург, 16–19 апреля 2018 г.). – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, Гуманитарный институт, 2018. – С. 309–311.
62. Растения Крыма: коварные друзья / Под общ. ред. В. Н. Ежова. – Ялта: НБС, 2010. – С. 181–182.
63. Garbarino M. Sex-related spatial segregation along environmental gradients in the dioecious conifer, *Taxus baccata* / M. Garbarino, J. Weisberg Peter, L. Bagnara, C. Urbinati // Forest Ecology and Management. – 2015. – Vol. 358. – P. 122–129.
64. Pilger R. Kritische ubersicht iiber die neuere. Literatur betreffend die Pamilie der Taxaceae / R. Pilger // Botanische Jalirbucher. Leipzig, Band. – 1916. – Vol. 54. – 43 p.

## NATURAL RANGE AND INFLUENCE OF *TAXUS BACCATA* GROWING CONDITIONS ON ITS MORPHOLOGICAL AND BIOECOLOGICAL FEATURES

Mytsyk D. D.<sup>1</sup>, Omelchenko S. O.<sup>2,3</sup>, Koba V. P.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nikita Botanical Garden - National Scientific Center Yalta, Republic of Crimea, Russia

<sup>2</sup>V. I. Vernadsky Crimean Federal University Simferopol, Republic of Crimea, Russia

<sup>3</sup>Crimean Republican Institute of Postgraduate Pedagogical Education Simferopol, Republic of Crimea, Russia

E-mail: danmycyk@mail.ru

Based on the literature data, the natural range of berry yew is analyzed. The growth of yew on the territory of the Russian Federation, particularly in the Caucasus and Crimea, depends on abiotic factors affecting morphological and bioecological features of yew. The species is characterized by generally weak seed regeneration. This is explained by bioecological peculiarities of *Taxus baccata*: duration of ontogenesis; long dormancy period of seeds, their low volatility and, as a consequence, dependence on propagules; dicotyledonous plants; difficulty of pollination, complicated by disunity and dispersion of

many yew trees, as well as inconsistency of phenophases of flowering of males and females due to their growing at different heights.

In the Caucasus, berry yew is sensitive to strong frosts in March, often occurring after long thaws. Severe droughts in the second half of summer are also a negative factor; they reduce the current growth and sowing qualities of seeds.

Significant changes in the anatomical structure of *T. baccata* leaves were revealed, which is associated with their aging and reduction in the life span of needles from 10 to 5 years. It is suggested that the places of growing of yew berry in Dagestan are on the border of its area and are not optimal for it.

In Crimea, during the reproductive development of yew, the vulnerable phases of the annual cycle are the budding of microstrobules, which is associated with the damage of hydrated cells by negative night temperatures up to minus 3–5 °C, as a consequence, significantly reduces the quantitative pollination of female strobili.

In addition, anthropogenic impact, including economic development in the habitats, logging, disturbance of growing conditions are also limiting factors in the spread of yew.

**Keywords:** berry yew, natural range, morphological and bioecological features, Crimea, Caucasus.

### References

1. Krasnaya kniga RSFSR Rasteniya., 464–465 (Moskva, Rosagropromizdat, 1988).
2. Bardunov, L. V. Novikov V. S. Krasnaya Kniga Rossijskoj Federacii M.: *Ministerstvo prirodnih resursov i ekologii RF i Rosprirodnadzor* 565, (2008).
3. Arbuzov B. V. Tis yagodnyj v Severo-Osetinskom zapovednike i na sopredel'noj territorii / B. V. Arbuzov, V. D. Kaz'min, *Ohrana i izuchenie redkih vidov rastenij v zapovednikah* 92. (1992).
4. Firsov G. A. Orlova L.V. Hvojnye v Sankt-Peterburge, 429 (Izd-vo: Fiton XXI, 2019).
5. Sokolov S. YA., SHishkin B. K. Derev'ya i kustarniki SSSR: dikorastushchie, kul'tiviruemye i perspektivnye dlya introdukcii v 6, 1, 464, *Golosemnyye* (M.: Izd-vo AN SSSR, 1949).
6. Gumbatov Z. I. Ekologicheskij i morfologo-anatomicheskij analiz tisa yagodnogo (*Taxus baccata* L.) v Zakavkaz'e i voprosy ego ohrany, *avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. biol. nauk*, AN SSSR. Gl. botan. sad M.3 (1989), 19 p.
7. Jalas, J. & Suominen, J. Atlas Florae Europaeae. Distribution of Vascular Plants in Europe. 2. Gymnospermae (Pinaceae to Ephedraceae). *The Committee for Mapping the Flora of Europe & Societas Biologica Fennica Vanamo*, Helsinki (1973), 40 p.
8. Meusel H., Jäger E., eds., Vergleichende Chorologie der Zentraleuropäischen Flora, Band I, II, III (Gustav Fischer Verlag, Jena, 1998).
9. Farjon A., Filer D., An Atlas of the World's Conifers: An Analysis of their Distribution, Biogeography, *Diversity and Conservation Status*. Brill, 141, (2013).
10. Benham S. E., Houston Durrant T, Caudullo G., D. de Rigo *Taxus baccata* in Europe: *distribution, habitat, usage and threats*, European Atlas of Forest Tree Species 183, (2016).
11. Krasnaya kniga SSSR: redkie i nahodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoventiya vidy zhivotnyh i rastenij., 2, 378, (Moskva, 1984).
12. Federico Vessella, Antonello Salis, Mattia Scirè, Gianluca Piovesan, Bartolomeo Schirone Natural regeneration and gender-specific spatial pattern of *Taxus baccata* in an old-growth population in Foresta Umbra Vol. 73, 75, (Italy, 2015).
13. Krasnaya kniga Respubliki Krym. Rasteniya, vodorosli i griby, Otv. red. d.b.n., prof. A. V. Ena i k.b.n. A. V. Fateryga, 67, (Simferopol': OOO «IT «ARIAL», 2015).
14. Rezhikova O. N. Rasprostranenie i sostoyanie cenopulyacij *Taxus baccata* L. na Zapadnom Kavkaze, *avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. biol. nauk*, FGAOU VO «YUzhnyj federal'nyj universitet» 254, (2018).

15. Bazaev A. B. Tis yagodnyj v gornyh lesah Osetii: osobennosti stroeniya i vozobnovitel'nyj potencial, *avtoref. dis. na soisk. uchen. step. kand. biol. nauk*, SPbGLA im. S.M. Kirova, Sankt-Peterburg 44, (2006).
16. Alekseenko N. A., Bibin A. R., Grabenko E. A., Medvedev A. A. Monitoring tisa v Hostinskoj tiso-samshitovoj roshchi po dannym s bespilotnyh letatel'nyh apparatov. *Ustojchivoe razvitie osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij: materialy III Vseros. nauch.-prakt. konf, 30 noyabrya–2 dekabrya 2016 g.*, Sochi. 3. Sochi: GBU KK «Prirodnyj ornitologicheskij park v Imeretinskoj nizmennosti» Donizdat, 38, (2016).
17. Asadulaev Z. M., Ramazanova Z. R., Sadykova G. A. [i dr.] Anatomicheskoe stroenie vegetativnyh organov nekotoryh redkih drevesnyh vidov Dagestana, *Botanicheskij vestnik Severnogo Kavkaza*, 2, 9, (2021).
18. Kolakovskij A. A. Flora Abhazii. 1. 210, (Moskva, 1980.)
19. Lazuk P. D. Tis i ego vosstanovlenie na Severo-Zapadnom Kavkaze, *Trudy KGZ*, 9, 285, (Krasnodar, 1967).
20. Ruguzov I. A. Rasprostranenie tisa v Kabardino-Balkarii, *Priroda Kabardino-Balkarii i ee ohrana* 136, (1966).
21. Pridnya M. V. Fitocenoticheskie pozicii i struktura Hostinskoj populjacji tisa yagodnogo v Kavkazskom biosfernom zapovednike, *Ekologiya* № 1, 3, (1984).
22. Slepnyh V. V., SHider T. G., Kotlyarov I. I., Pridnya M. V. Tis yagodnyj v central'noj chasti Severnogo Kavkaza, *Elektronnyj zhurnal «Issledovano v Rossii»*, 1250, (2004).
23. Pridnya M. V. Phytocenotic status and structure of Khosta population of *Taxus baccata* in the Caucasian Biosphere Reserve, *Ecology*, 1, 3, (M.: Nauka, 1984).
24. Rezhikova O. N. Harakter vozobnovleniya *Taxus baccata* na Zapadnom Kavkaze. «*Vestnik AGU*». 3 (206) 88, (2017).
25. Bush H. A. Obzor rabot po flore i rastitel'nosti Kryma, Kavkaza i Zakavkaz'ya s 1920 po 1929 gg., *ZHurnal Russkogo botanicheskogo ob-va*, 335, (1930).
26. Bush K.K. Ievin' I. K. Primenenie sistemnogo analiza v lesovedenii, *Lesovedenie*, 1, 15, (1975).
27. Vul'f E. V. Rastitel'nost' vostochnyh yajl Kryma, 166, (Moskva, 1925).
28. Vul'f E. V. Materialy po fitofenologii YUzhnogo berega Kryma, *Zapiski Nikitskogo botanicheskogo sada*, 47, (1925).
29. Vul'f E. V. Flora Kryma 1, 1, 54, (L.: Izd-vo Nikitskogo botanicheskogo sada, 1927).
30. Vul'f E. V. Flora Kryma, 1, 2, 77, (L.: Izd-vo Nikitskogo botanicheskogo sada, 1929).
31. Vul'f E. V. Flora Kryma 1, 3, 126, (L.: Izd-vo Nikitskogo botanicheskogo sada, 1930).
32. Stankov S. S. Rastitel'nost' YUzhnogo berega Kryma, Krym., 2 (1926).
33. Stankov S. S. Osnovnye cherty v raspredelenii rastitel'nosti YUzhnogo berega Kryma, *Botan. zhurn. SSSR*, T. 18, Vyp. 1, 66, (1933).
34. Vul'f E. V. Flora Kryma 2, 1, 330, (M., L.: Ogiz-Sel'hozgiz, 1947).
35. Vul'f E. V. Flora Kryma, 1, 4, 155, (M.: Sel'hozgiz, 1951).
36. Cyrcina T. S. Tis v Krymu, *Trudy Nikitskogo botanicheskogo sada*, 25, 1, (1948).
37. Vodop'yanova T. D., Grizhankov G. E. Novye dannye o tise v Krymu, *Botanicheskij zhurnal*, 52, 967, (1967).
38. Ruguzov I. A. K voprosu vosproizvodstva tisa v leash, *Priroda Kabardino-Balkarii i eyo ohrana*, 81, (1972).
39. Ruguzov I. A., Kulikov G. V. K izucheniyu kserofitnosti tisa yagodnogo, *Priroda Kabardino-Balkarii i eyo ohrana*, 3, 80, (1972).
40. Ruguzov I. A., Sklonnaya L. U., Kulikov G. V. Izmenchivost' anatomicheskikh pokazatelej lista tisa yagodnogo v zavisimosti ot uslovij mestoobitaniya, *Ekologiya*, 90, (1973).
41. Ruguzov I. A. Formirovanie muzhskogo gametofita u nekotoryh predstavitelej sosnovykh, kiparisovykh i tisovykh, *Citologo-embriologicheskoe issledovanie vysshih rastenij*, 113, 62, (1992).
42. Ruguzov I. A., Sklonnaya L. U. Formirovanie zhenskogo gametofita u nekotoryh predstavitelej sosnovykh, kiparisovykh i tisovykh, *Citologo-embriologicheskoe issledovanie vysshih rastenij*, 113, 80, (1992).
43. Hematzadeh A., Esmailzadeh O., Gh. Jalali S. [et al.] Morphological traits variation of needle in males and females yew (*Taxus baccata* L.) in the Hyrcanian forests of Iran, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*. 28, 4, 423, (2021).

44. Krasilov Z. A. O klassifikacii ust'ichnyh apparatov, *Paleontol. zhurnal.* 1, 102, (1968).
45. Krajnyuk E. S. Lekarstvennye rasteniya Kryma, 312, (Simferopol': Biznes-Inform, 2018).
46. Kuliev V. SH., Gumbatov Z. I. Tis yagodnyj, *Priroda*, 3, 96, (1985).
47. Denisov S. A., Egorov V. M., Lesovedenie. Estestvennoe vozobnovlenie lesa, 67, (Joshkar-Ola: MarGTU, 2004).
48. Deryugina T. V., Nesterovich N. D. Osobennosti morfologicheskogo stroeniya nekotoryh vidov roda tis (Taxus L.), 25, 7, 652, *Doklad AN BSSR*, (1981).
49. Eremin V. M. Sravnitel'naya anatomiya kory sosnovyh, *avtoref. dis. na soisk. uchen. step. dokt. biol. nauk*, 47, (Kishinev, 1984).
50. Bazaev A. B., Gryaz'kin A. V., Hetagurov H. M. Svoystva drevesiny tisa yagodnogo, *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 53, 2, 171, (2016).
51. Gumbatov Z. I., Kuliev V. SH. Materialy o fitocenologicheskoy strukture tisovyh nasazhdenij v lesah Zakavkaz'ya. *Izv.* 4, 129, *AN Az.SSR, ser. Biol.* (1985).
52. Semagina R. N. Sostoyanie estestvennogo vozobnovleniya tisa yagodnogo v prichernomorskih lesah kavkazskogo zapovednika, *Byul. moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody, otd. Biology*, 88, 4, 146, (1983).
53. SHkhagapsoev S. H., Geriev D. K., Starikova N. V. Ekologicheskie osobennosti i novye mestonahozhdeniya tisa yagodnogo v Kabardino-Balkarii, *Vesti Kabardino-Balkarskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Biol. Nauki*, 3, 19, (1999).
54. Voroshilova G. I. Morfologo-anatomicheskoe stroenie lista i drevesiny tisa *Taxus cuspidata* Sied. et Zucc. *V kn. Redkie ischezayushchie drevesnye rasteniya yuga Dal'nego Vostoka*, 129, (Vladivostok, 1978).
55. Orlova S. YA. Stroenie vegetativnyh organov tisa yagodnogo, anatomicheskoe izmenenie list'ev raznogo vozrasta i raspredelenie v nih fenol'nyh soedinenij, *Izvestiya AN Azerb. SSR. Seriya biol. Nauki*, 6, 14, (1978).
56. Kupriyanova L. A., Gumbatov Z. I. Morfologiya pyl'cevyh zeren *Taxus baccata* (Taxaceae), *Bot. zhurn.* 73, 5, 661, (1988).
57. Rao A. R., Malaviya M. On the distribution, structure and ontogeny of sclereides in *Taxus baccata* L., *Proc. National Inst. Sci. India. Part B.* 31, 114, (1965).
58. Bazaev A. B., Gryaz'kin A. V., Khetagurov Kh. M. [et al.] Yew berry in dendrocenoses of North Ossetia, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. March-April*, 10 (2), 926, (2019).
59. Hejnovicz A. Anatomia, embriologia i kariologia *Taxus baccata* L., *Polsca All. Inst. Dendrologii*, 177, (Warszawa-Poznan, 1975).
60. Mitchell J. G. The history and vegetation dynamics of a yew wood (*Taxus baccata* L.) in S.W. Ireland, *New Phytologist*, 115, 573, (1990).
61. Zaharenko G. S., Zil'bervarg I. R. Fenologicheskie osobennosti razvitiya reproductivnyh organov i zavyazyvaemost' semyan u tisa yagodnogo v predgornoj zone Kryma, *Ekologiya i geografiya rastenij i rastitel'nyh soobshchestv: materialy IV mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii* (Ekaterinburg, 16–19 aprelya 2018 g.), 309, Izd-vo Ural'skogo universiteta, Gumanitarnyj institute, (Ekaterinburg, 2018).
62. Ezhov V. N. Rasteniya Kryma: kovarnye druž'ya, 181, (YAlta: NBS, 2010).
63. Garbarino M. Weisberg Peter, Bagnara L., Urbinati C. Sex-related spatial segregation along environmental gradients in the dioecious conifer, *Taxus baccata*, *Forest Ecology and Management*, 358, 122, (2015).
64. Pilger R. Kritische ubersicht iiber die neuere. Literatur betreffend die Familie der Taxaceae, *Botanische Jalirbucher, Band.* 54, 43, (Leipzig, 1916).

**УДК 582. 33/34**

**БРИОФЛОРА ДЕЙСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОХРАНЯЕМЫХ  
ТЕРРИТОРИЙ БОГУЧАРСКОГО ПРАВОБЕРЕЖНОГО СТЕПНОГО РАЙОНА  
(ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Попова Н. Н.*

*ФГБОУ ВО «Воронежская государственная академия спорта», Воронеж, Россия  
E-mail: leskea@vmail.ru*

В статье представлены материалы по бриофлоре действующих, проектируемых и перспективных охраняемых территорий Богучарского правобережного степного физико-географического района, расположенного на юге Воронежской области. Изучены все действующие ООПТ (1 комплексный заказник и 14 памятников природы), а также проектируемые и перспективные объекты (более 40). В составе бриофлоры выявлено 128 видов, из них 14 видов занесены в основной и 19 – в мониторинговый списки Красной книги Воронежской области; 2 вида рекомендовано включить в следующее издание. Территориальной охраной охвачено лишь 77 % видового состава бриофлоры. Перевод проектируемых охраняемых территорий в действующие позволит обеспечить стопроцентный уровень охраны редких видов.

**Ключевые слова:** бриофлора, видовое разнообразие, Красная книга, мохообразные, охраняемые территории, памятники природы, редкие виды, репрезентативность.

**ВВЕДЕНИЕ**

Несмотря на разработанные в конце прошлого века теоретические подходы к созданию регионального экологического каркаса, при формировании системы ООПТ в областях средней полосы России продолжает доминировать фактор случайности. В настоящее время число ООПТ Воронежской области составляет более 200, а в перспективном плане эта цифра существенно увеличивается [1, 2]. В связи с обилием неравнозначных по площадям и значению объектов, необходимость их комплексной ревизии является актуальной. Одним из перспективных направлений в систематизации ООПТ является ландшафтно-экологический подход, реализуемый нами на примере Воронежской области [3–5]. Цель данного исследования заключается в оценке репрезентативности сети ООПТ Богучарского правобережного степного физико-географического района степной Среднерусской провинции в аспекте сохранения биоразнообразия такого компонента биоты как мохообразные.

Богучарский правобережный степной ландшафтный район (Рис. 1). расположен на крайнем юге Воронежской области, его восточная и северная границы проходят по реке Дон, северо-западная и западная совпадают с зональной, отделяющей южную лесостепь от степи [6]. Южная граница здесь условна и уходит в сопредельную Ростовскую область. В административном плане в состав района входят Богучарский,



Кантемировский, частично Верхнемамонский и Россошанский районы.

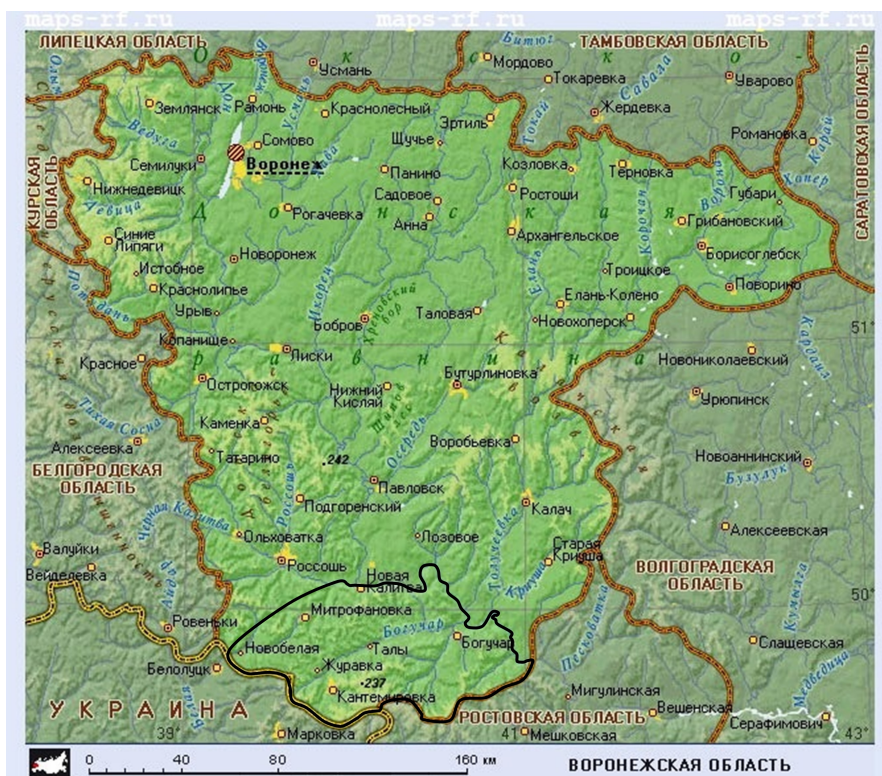


Рис. 1. Богучарский степной ландшафтный район на карте Воронежской области.

Территория района представляет собой возвышенную волнистую долинно-балочную равнину с глубиной расчленения 100–125 м и высотой около 200–230 м. Рельефообразующими породами являются песчистый мел и мергели, повсеместно обнажающиеся по склонам речных долин и балок. На водоразделах меловые породы перекрыты мощным чехлом песчано-глинистых пород палеогена, а выше – суглинками на междуречьях и аллювиальными песками и супесями в долинах рек. Своеобразие району придает останцово-водораздельный тип местности, представляющий собой эрозионные холмы, вершины которых бронированы глыбами железистых песчаников. Большое распространение в районе имеют эрозионные формы рельефа – овраги, оползни. Климат района сухой и континентальный, испаряемость значительно превышает годовую сумму осадков (420–480 мм). Гидрографическая сеть представлена р. Богучаркой, верховьем р. Белой, низовьем р. Черной Калитвы. На большей части района развиты обыкновенные черноземы, на крайнем юге представлены южные черноземы; по обнаженным меловым склонам балок распространены карбонатные черноземы, а в их верхних частях – пятна солонцовых почв. Богучарский степной район вполне репрезентативен с точки зрения охвата характерных урочищ мелового юга

Среднерусской возвышенности. Здесь сохранились участки плакорных богато-разнотравных типчаково-ковыльных степей; сообщества меловых обнажений, насыщенные редкими видами; небольшие байрачные дубравы, засоленные участки в поймах и на пологих склонах балок.

Сеть ООПТ на территории Богучарского степного района (Рис. 2) включает 1 государственный региональный природный заказник «Степной» и 14 памятников природы областного значения [1].

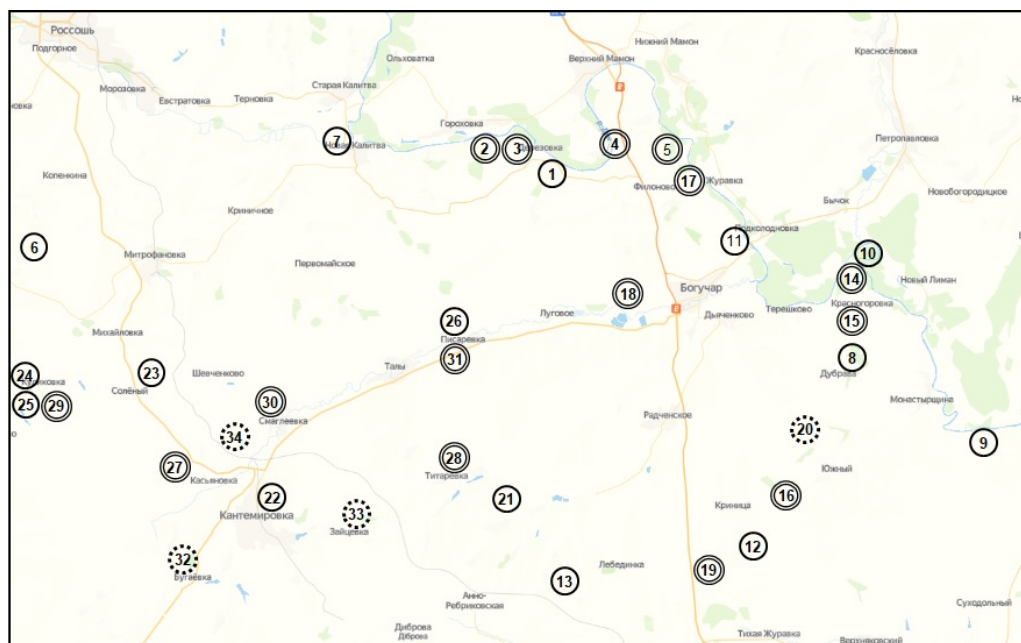


Рис. 2. Действующие (одинарный контур), проектируемые (двойной контур) и перспективные (точечный контур) ООПТ на территории Богучарского степного ландшафтного района.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сборы мохообразных проводились маршрутным методом с 1982 по 2023 годы. Камеральная обработка осуществлялась с применением общепринятых бриологических методик. Идентифицировано более 800 образцов. Гербарные сборы хранятся в фондовой гербарии заповедника «Галичья гора» (VU). Бриологические материалы, касающиеся изучаемого района отражены в ряде публикаций [7–12].

Номенклатура видов дана по сводкам мхов и печеночников России [13, 14]. Материалы, характеризующие бриофлору ООПТ, сгруппированы по административным районам, расположенным в направлении с севера на юг. Сначала анализируются параметры видового богатства существующих ООПТ [1], затем проектируемых [2] и далее приводятся перспективные объекты, предлагаемые к охране автором статьи; номера объектов в тексте соответствуют таковым на

Рис. 2. Некоторые интересные виды мохообразных и места их произрастания иллюстрированы фотографиями автора.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

#### Видовой состав мохообразных Богучарского степного ландшафтного района

В Таблице 1 представлен список мохообразных Богучарского степного ландшафтного района. Для каждого вида указаны: активность в баллах, приуроченность к местообитаниям, а также порядковый номер местонахождения, что позволяет, при необходимости, установить состав бриофлоры каждого объекта.

Таблица 1

#### Видовой состав мохообразных Богучарского степного ландшафтного района

Вид	A	Сообщества	Пункты
1	2	3	4
<i>Abietinella abietina</i> (Hedw.) M. Fleisch.	4	СК, СМ	1-9, 11, 13-15, 17, 20-22, 24, 26, 32, 34
<i>Aloina rigida</i> (Hedw.) Limpr.	1	СМ	2, 41
<i>Amblystegium serpens</i> (Hedw.) Bruch et al.	4	Д, ДМ, ДП, СГ, СЧ, КО, КП, ПЛ	1-9, 11, 13-17, 20-24, 26-28, 31-34
<i>Anomodon viticulosus</i> (Hedw.) Hook. et Taylor	2	ДМ, ДП	1, 6, 9
<i>Anomodontella longifolia</i> (Schleich. ex Brid.) Ignatov & Ignatova	3	ДМ, ДП	1, 5, 6, 8, 9, 14, 17, 36
<i>Atrichum undulatum</i> (Hedw.) P. Beauv.	2	Д, ДП	1-3, 5, 6, 17, 20-23, 28, 32
<i>Barbula convoluta</i> Hedw.	1	КО, СК, СГ, СМ	1, 2, 14, 24, 28
<i>Barbula unguiculata</i> Hedw.	4	Все типы	1-34
<i>Brachytheciastrum velutinum</i> (Hedw.) Ignatov et Huttunen	4	Д, ДМ, ДП, С, КП	1-6, 8, 12-14, 16, 17, 20-24, 26-28, 31-34
<i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.) Bruch et al.	5	СМ, СГ, СК, СЧ, КО, КП, С	1, 2, 4, 8, 12, 14-16, 21-23, 28, 33
<i>Brachythecium campestre</i> (Muell. Hal.) Bruch et al.	5	Все типы	1-34
<i>Brachythecium glareosum</i> (Bruch ex Spruce) Bruch et al.	4	СМ	1, 2, 4, 7, 9, 12, 14, 17, 20, 24, 32, 33, 37
<i>Brachythecium mildeanum</i> (Schimp.) Schimp.	3	Д, ДМ, КП	4, 13, 20, 23, 25, 29, 31
<i>Brachythecium rotaeanum</i> De Not	2	ДМ, ДП, СГ	4-6, 8, 11, 14, 15, 17, 21, 28, 31, 33, 36, 39
<i>Brachythecium rutabulum</i> (Hedw.) Bruch et al.	2	Д, ДП, КП	4, 6, 15, 27, 32, 33
<i>Brachythecium salebrosum</i> (F. Weber et D. Mohr.) Bruch et al.	5	Д, ДМ, ДП, ПЛ	1, 2, 4-6, 8, 9, 11, 13-17, 20-22, 24, 26, 28, 30-34

1	2	3	4
<i>Bryoerythrophyllum recurvirostrum</i> (Hedw.) P.C.Chen	1	ДМ	1
<i>Bryum alpinum</i> Huds. ex With.	1	СГ, КО	13, 20, 21, 28, 30, 32, 33, 37
<i>Bryum argenteum</i> Hedw.	3	Все типы	1, 2, 4, 8, 9, 12, 13, 16, 17, 20-22, 24-30, 32, 33
<i>Bryum caespiticium</i> Hedw.	5	Все типы	1-34
<i>Bryum creberrimum</i> Taylor	2	Д, КО, КП, СК	4, 11, 20, 21, 23, 27, 28, 32
<i>Bryum dichotomum</i> Hedw.	1	СГ	2, 15, 16, 29, 32
<i>Bryum elegans</i> Nees	1	СК	12
<i>Bryum funckii</i> Schwaegr.	2	СК, СМ	1, 2, 5, 7, 9, 24, 26, 30, 35, 38, 39
<i>Bryum kunzei</i> Schimp.	1	КО, СК, СМ	16, 22, 28
<i>Bryum lonchocaulon</i> Muell. Hal	1	КП	4
<i>Bryum moravicum</i> Podp.	3	Д, ДМ, ДП, КО, КП, ПЛ	1-6, 8, 9, 13-15, 17, 20, 23, 24, 28, 31-34
<i>Bryum pseudotriquetrum</i> (Hedw.) P. Gaerth.	2	КО, КП	1, 4, 23, 28, 33
<i>Bryum turbinatum</i> (Hedw.) Turner	2	СГ	25, 29, 37
<i>Buckia vaucheri</i> (Lesq.) D. Rios, M.T. Gallego & J. Guerra	2	СГ, СМ	1, 2, 20, 32, 40
<i>Campyliadelphus chrysophyllus</i> (Brid.) R.S. Chopra	3	ДМ, СМ	1, 4, 7, 9, 14
<i>Campylidium sommerfeltii</i> (Myrin) Ochyra	2	ДМ	15
<i>Campylidium calcareum</i> (Crundw. et Nyholm) Ochyra	3	ДМ, СМ	1, 2, 9, 14, 17, 26
<i>Cephaloziella rubella</i> (Nees) Warnst.	1	СГ	12
<i>Cephaloziella divaricata</i> (Sm.) Schiffn.	2	СГ	12, 20, 33
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.		Все типы	1-34
<i>Climacium dendroides</i> (Hedw.) F.Weber et D.Mohr.	2	КП	4
<i>Cratoneuron filicinum</i> (Hedw.) Spruce	2	ДМ	6
<i>Dicranella heteromalla</i> (Brid.) Schimp.	2	Д	3
<i>Dicranella varia</i> (Hedw.) Schimp.	2	ДМ	1, 9, 11, 14
<i>Dicranum montanum</i> Hedw.	2	Д	5, 8
<i>Dicranum polysetum</i> Sw.	2	С	32
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	2	С, Д, ДМ, ДП, КП	1, 5, 8

Продолжение таблицы 1

<i>Dicranum tauricum</i> Sapjegin	2	Д	5, 20
<i>Didymodon fallax</i> (Hedw.) R.H. Zander	4	КП, СМ, СК	1, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 24, 26, 30
<i>Didymodon rigidulus</i> Hedw.	3	КП, СМ	1, 4, 15
<i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Warnst.	2	СГ, КО, КП	4, 31, 33, 37
<i>Encalypta streptocarpa</i> Hedw.	1	ДМ	1
<i>Encalypta vulgaris</i> Hedw.	3	СМ	1, 2, 9, 20, 24
<i>Eurhynchiastrum pulchellum</i> (Hedw.) Ignatov et Huttunen	3	Д, ДП, КП	1-4, 12, 14-17, 20, 21, 23, 24, 26-28, 30, 32, 33
<i>Fissidens bryoides</i> Hedw.	2	Д	1, 3, 20, 32
<i>Fissidens gracilifolius</i> Brugg.-Nann. & Nyholm	1	ДМ	17
<i>Fissidens taxifolius</i> Hedw.	1	Д	3
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	2	КО, СГ	13, 14, 17
<i>Grimmia laevigata</i> (Brid.) Brid.	1	КП, ДП	1, 4, 8
<i>Grimmia muehlenbeckii</i> Schimp.	2	КП, ДП	1
<i>Grimmia ovalis</i> (Hedw.) Lindb.	1	ДП	1
<i>Grimmia plagiopodia</i> Hedw.	1	КП	16
<i>Grimmia pulvinata</i> (Hedw.) Sm.	2	КП, ДП, СК	1, 4, 8, 15, 16, 24, 28, 34
<i>Hedwigia mollis</i> Ignatov, Ignatova @ Fedosov	1	ДП	1
<i>Homalothecium lutescens</i> (Hedw.) H.Rob.	2	СМ	1, 9, 14
<i>Homalothecium sericeum</i> (Hedw.) Bruch et al.	2	ДП	1
<i>Hygroamblystegium humile</i> (P. Beauv.) Vanderp., Goffinet et Hedenaes	2	КП, КО	6, 13, 16, 29, 32
<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	3	Д, ДП, ДМ, ПЛ, КП	1-6, 8, 13-15, 17, 20, 21, 24, 31, 32, 34
<i>Jochenia pallescens</i> (Hedw.) Hedenaes	3	Д, ДП, ДМ, ПЛ, КП	1-6, 8, 13-15, 17, 20, 21, 24, 28, 32, 34
<i>Isothecium alopecuroides</i> (Lam. ex Dubois) Isov.	1	ПЛ	6
<i>Leptobryum pyriforme</i> (Hedw.) Wilson	2	СЧ	13
<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst.	2	КО, КП	4, 6, 15, 16, 21, 23, 25, 28, 31-33
<i>Leskea polycarpa</i> Hedw.	5	Д, ДМ, ДП, ПЛ, КП	1-5, 8, 9, 11, 13-17, 21, 22, 24-28, 30-34
<i>Leiocolea badensis</i> (Gott ex Rabenh.) Joerg.	12	ДМ (стенки)	9

<i>Leucodon sciuroides</i> (Hedw.) Schwaegr.		ДМ, ПЛ	1, 5, 6, 32
<i>Lewinskya speciosa</i> (Nees) F. Lara, Farilleti et Groffinet	4	Д, ДМ, ДП, ПЛ, КП	1, 3-6, 8-11, 13-17, 20-24, 26-28, 30-34
<i>Lophocolea heterophylla</i> (Schrad.) Dum.	1	Д	3, 32
<i>Lophocolea minor</i> Nees.	2	Д	1
<i>Marchantia polymorpha</i> L.	2	КП	4, 32
<i>Nycolniella obtusifolia</i> (Brid) Holmen et E.Warncke	3	Д	4-6, 8, 17, 28, 31, 34
<i>Orthotrichum anomalum</i> Hedw.	1	ДП	1, 34
<i>Orthotrichum affine</i> Brid.	1	Д	8
<i>Orthotrichum pallens</i> Sw. ex anon	2	ДП, ДМ, ПЛ	8, 14
<i>Orthotrichum pumilum</i> Sw. ex anon	3	ДП, ДМ, ПЛ, КП	1-6, 13-15, 17, 20, 21, 24, 28, 31, 32, 34
<i>Oxyrrhynchium hians</i> (Hedw.) Loeske	5	Все типы	1-6, 8, 9, 11, 14-17, 21, 22, 24, 26, 28, 31-34
<i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dum.	2	КП	4
<i>Physcomitrium pyriforme</i> (Hedw.) Hampe	1	КО	28, 29
<i>Plagiomnium cuspidatum</i> (Hedw.) T.J. Kop.	3	Д, ДМ, ДП, ПЛ, КП	1-6, 8, 13-15, 17, 20, 21, 24, 28, 30-34
<i>Plagiomnium medium</i> (Bruch et al.) T.J.Kop.	2	Д	3
<i>Plagiothecium denticlatum</i> (Hedw.) Bruch et al.	2	Д	3
<i>Platygyrium repens</i> (Brid.) Bruch et al.	4	Д, ДМ, ДП, КП	1, 3-6, 8, 9, 13, 14, 17, 20, 21, 24, 28, 30-34
<i>Pleuroidium subulatum</i> (Hedw.) Rabenh.	2	СГ, СК	1, 12, 16, 19, 20, 22, 32
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	2	С	2, 4, 32
<i>Pohlia melanodon</i> (Brid.) A.J. Shaw	1	Д	2, 11, 15, 28
<i>Pohlia nutans</i> (Hedw.) Lindb.	2	Д, С, КП	13
<i>Pohlia wahlenbergii</i> (F. Weber et D. Mohr) A.L. Andrews	1	ДП	17
<i>Polytrichum commune</i> Hedw.	1	КП	4
<i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw.	4	СГ, СК, КП	4, 8, 12, 13, 20
<i>Polytrichum piliferum</i> Hedw.	5	СГ, СК, КП	1, 2, 4, 8, 12, 13, 15, 16, 19, 20, 22, 30, 32, 33
<i>Porella platyphylla</i> (L.) Pfeiff.	1	Д	6, 31, 32, 34
<i>Pseudoleskeella nervosa</i> (Brid.) Nyholm	3	Д, ДМ, ДП	1, 3-6, 8, 9, 14, 17, 20, 21, 24, 28, 32, 34

Продолжение таблицы 1

<i>Pseudoanomodon tenuates</i> (Hedw.) Ignatov & Fedosov	2	ДМ	1, 6
<i>Pterigynandrum filiforme</i> Hedw.	1	ПЛ	6
<i>Pterygoneurum ovatum</i> (Hedw.) Dixon	2	СК, СМ, КП	1, 2, 4, 8, 9, 16, 19-22, 24, 26-30, 32, 33, 38-42
<i>Pterygoneurum sessile</i> (Brid.) Jur.	2	СМ	2, 4, 9, 12, 14, 21, 24, 40, 41
<i>Pylaisia polyantha</i> (Hedw.) Bruch et al.	5	Д, ДМ, ДП, ПЛ, КП	1, 3-9, 11, 13-17, 20-22, 24, 26-28, 30-34
<i>Radula complanata</i> (L.) Dum.	3	Д, ДМ, ДП, ПЛ, КП	1, 3-6, 9, 13, 17, 20, 32, 34
<i>Riccia ciliata</i> Hoffm.	2	СГ	12, 20, 28, 33
<i>Riccia ciliifera</i> Link ex Lindenb.	2	СГ	20, 33
<i>Schistidium apocarpum</i> (Hedw.) Bruch et al.	2	КП, П	4, 8, 15, 28, 34
<i>Schistidium crassipilum</i> Blom	1	КП	16, 34
<i>Schistidium dupretii</i> (Ther.) W.A.Weber	1	СК	2
<i>Sciuro-hypnum curtum</i> (Lindb.) Limpr.	2	Д	1
<i>Sciuro-hypnum populeum</i> (Hedw.) Ignatov et Huttunen	2	ДМ, ДП, КП	1, 4, 13, 15
<i>Sciuro-hypnum reflexum</i> (Starke) Ignatov et Huttunen	3	Д, ДМ, ДП, ПЛ	6, 17, 34
<i>Seligeria calcarea</i> (Hedw.) Bruch et al.	1	ДМ (стенки)	1, 9, 11
<i>Seligeria pusilla</i> (Hedw.) Bruch et al.	1	ДМ	1
<i>Serpoleskea subtilis</i> (Hedw.) Loeske	2	Д, ДМ, ДП, ПЛ, КП	6, 15, 20
<i>Syntricha caninervis</i> Mitt.	3	СМ	1, 2, 4, 18, 20, 24, 35
<i>Syntrichia ruralis</i> (Hedw.) F. Weber et D. Mohr.	5	С, СГ, СЧ, СМ, СК, КП	1-9, 11-34
<i>Taxiphyllum wisgrillii</i> (Garov.) Wijk et Margad.	2	ДП	1
<i>Tortula acaulon</i> (With.) R.H. Zander	3	С, СГ, СЧ, СК, СМ, КП	1, 2, 4, 6, 8, 9, 12-17, 20-24, 26, 29, 31-33
<i>Tortula modica</i> R.H.Zander	2	СМ	28, 30
<i>Tortula muralis</i> Hedw.	2	КП	16
<i>Tortula muralis</i> var. <i>aestiva</i> Hedw.	3	КП	15, 22, 28
<i>Tortula protobryoides</i> R.H.Zander	1	СК	17
<i>Tortula truncata</i> (Hedw.) Mitt.	1	СК	20
<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch	3	СМ	2, 4, 9, 24, 26, 35, 38, 39

Продолжение таблицы 1

<i>Weissia brachycarpa</i> (Nees et Hornsch.) Jur.	2	СК	32
<i>Weissia levieri</i> (Limpr.) Kindb.	1	СК	17
<i>Weissia longifolia</i> Mitt.	4	СМ	1, 2, 4, 13, 24, 28
<i>Weissia rostellata</i> (Brid.) Lindb.	2	СГ, СК	12, 20, 32, 39

*Примечание.* Активность вида (А) в баллах определялась на основе встречаемости и обилия: 1 – встречается очень редко и имеет очень низкое обилие; 2 – встречается довольно редко, обилие довольно низкое; 3 – встречается спорадически, обилие умеренное; 4 – встречается довольно часто, обилие незначительное; 5 – встречается часто, обилие высокое; сообщества: Д – байрачные дубравы, ДМ – дубравы на склонах речных долин и балок с выходами мела и известняка, ДП – дубравы с выходами песчаников; СЧ – фрагменты плакорных степей на черноземах, СК – степи каменистые, СМ – степи кальцефитно-петрофитные на мелах, СГ – степи галофитные на засоленных почвах; КО – карьеры по добыче охры, КП – карьеры песчаниковые, КГ – карьеры гранитные; С – искусственные сосновые посадки; ПЛ – парковые ландшафты. Местонахождения редких видов вне описываемых в тексте объектов: 35 – солонцы с. Ивановка, 36 – байрачная дубрава с. Стеценково, 37 – каменистые степи и солонцы пос. Первомайский Россошанского района, 39 – балка Плоская с меловыми обнажениями близ с. Монастырщина, 40 – солонцы у поворота на с. Южный, 41 – меловые склоны в окр. с. Дьяченково, 42 – степные склоны у с. Шевченково.

Всего в составе бриофлоры Богучарского степного района к настоящему времени известно 128 видов мохообразных. Увеличение объема бриофлоры по сравнению с ранее опубликованными материалами [7, 8] связано с более тщательным обследованием территории, причем, в разные сезоны года, а также с более широким охватом всех типов ландшафтов. Для сравнения в прочих изученных ландшафтных районах [3–5] видовое богатство составляет: 142 вида (Придонской меловой), 123 (Калитвинский южностепной), 85 (Южнокалачский меловой). Таким образом, бриофлору Богучарского степного района, можно оценить как весьма богатую. Процент видов, занесенных в Красную книгу Воронежской области [16], в изучаемом районе составляет около 11 %, что примерно соответствует другим ландшафтным районам. Лишь 36 % от общего объема бриофлоры Богучарского степного ландшафтного района являются частыми и обильными, эвритопами видами (баллы 4 и 5). Почти такая же доля видов имеет 1–3 местонахождения и низкое обилие (баллы 1 и 2), прочие виды (28 %) имеют спорадическое распространение и низкое или умеренное обилие.

Редкие виды, занесенные в Красную книгу Воронежской области [16]:

*Buckia vaucheri* (категория 3) – арктоальпийский кальцефит, индикатор реликтовых «сниженноальпийских» группировок, в изучаемом районе отмечен также в разреженных злаковых галофитных сообществах с проективным покрытием около 5–10%, состояние популяции удовлетворительное, спороношения отсутствуют (Рис. 3); 4/1. Для редких видов в числителе приведено общее количество местонахождений, известных в Богучарском степном ландшафтном районе, в знаменателе – количество местонахождений, имеющих статус ООПТ.





Рис. 3. *Buckia vaucheri*, хут. Малеванный.

*Dicranum tauricum* (3) – лесной вид, приуроченный к южной тайге и зоне широколиственных лесов, в лесостепи имеет спорадическое распространение; облигатный эпиксил; площади изученных популяций невелики; 2/0.

*Encalypta streptocarpa* (3) – арктоальпийский вид горной экологии, в своем произрастании тяготеет к реликтовым сообществам – горным борам и березнякам, собран между корней березы по бровке отвесного склона правобережья долины Дона, на тонком слое карбонатного чернозема, площадь популяции несколько квадратных дециметров, состояние удовлетворительное; 1/1.

*Grimmia plagiopodia* (3) – облигатный ацидофильный петрофит, в европейской России известен лишь из аридных регионов юго-востока; площади популяций крайне малы, спороношений не выявлено, состояние популяций неудовлетворительное; 1/0.

*Hedwigia mollis* (3) – петрофит эвриголарктического характера распространения; на территории Среднерусской возвышенности встречается преимущественно на плотных кварцитовых песчаниках; изученная популяция представлена небольшой дерновинкой, состояние неудовлетворительное; 1/1.

*Homalothecium lutescens* (3) – неморальный кальцефит, произрастает в напочвенном покрове уникальных реликтовых сообществ – нагорных березняков и боров; покрытие на северных склонах долины реки Дон до нескольких квадратных метров, состояние популяций хорошее; 3/2.

*Homalothecium sericeum* (3) – неморальный кальцефильный петрофит, наибольшая концентрация местонахождений наблюдается в Придонском известняково-карстовом районе Среднерусской возвышенности (Липецкая область), где вид отмечен на освещенных или слабо затененных карнизах девонских плитчатых известняков; в Воронежской области обнаружен на крупных глыбах палеогеновых песчаников; полученные данные расширяют представления об экологии вида; состояние популяции относительно стабильно, но площадь невелика – до нескольких десятков квадратных дециметров; 1/1 (Рис. 4).

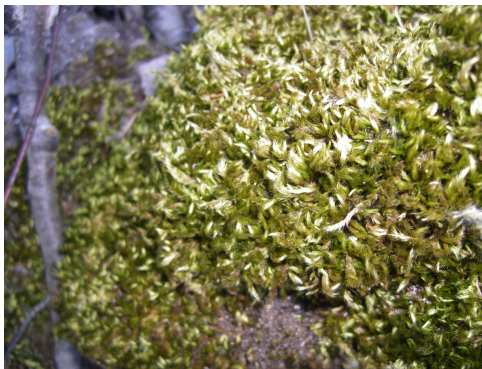


Рис. 4. *Homalothecium sericeum*, урочище Ореховое.

*Isothecium alopecuroides* (3) – неморальный эпифит рассеянного распространения, в европейской России тяготеет к западным приморским регионам; собран на основании ствола ясеня, площадь около 20 квадратных сантиметров, спороношения отсутствуют, состояние популяций неудовлетворительное; 1/1.

*Leucodon sciuroides* (3) – характерный неморальный эпифит полосы широколиственных лесов Европы; растет на коре широколиственных древесных видов, собран на стволах ясеня, клена остролистного, дуба; площадь популяций до одного квадратного дециметра, состояние относительно удовлетворительное; 4/2.

*Porella platyphylla* (2) – характерный представитель неморального базифильного эпифитного комплекса. Индикатор хорошей сохранности широколиственных лесов; размеры изученных популяций малы, а их состояние неудовлетворительное; 4/1.

*Pterigynandrum filiforme* (3) – неморальный эпифит рассеянного распространения; собран на основании ствола ясеня в небольшом количестве, спороношения отсутствуют, состояние популяций неудовлетворительное; 1/1.

*Seligeria calcarea* (3) – бореальный вид горной экологии, облигатный кальцефит, произрастает в основании вертикальных меловых стенок; наиболее крупная популяция выявлена в геологическом памятнике природы в устье реки Богучарки, общая площадь популяции около 2–3 квадратных метров, спороношение обильное; 3/3.

*Seligeria pusilla* (3) – бореальный вид горной экологии, облигатный кальцефит, собран однократно, в малом количестве на плотных меловых глыбах отвесного берега реки Дон (так называемые «стенки»), состояние популяции неудовлетворительное; 1/1.

*Taxiphyllum wissrillii* (3) – неморальный петрофит европейского типа ареала, тяготеющий к приморскому климату, в пределах ареала произрастает в основном на скалистых выходах известняков; в Воронежской области, собран на крупных глыбах песчаников в затененных лесных оврагах; площади локальных популяций до нескольких квадратных дециметров, состояние хорошее; 1/1.

В следующее третье издание Красной книги Воронежской области рекомендуется включить:

*Riccia ciliifera* (рекомендуемая категория 3) – аридный галофильный печеночник, на Воронежской области на северной границе ареала; собран в разреженных полынных группировка, в местах высачивания грунтовых вод; площади популяций – до нескольких квадратных дециметров, состояние удовлетворительное; 2/0 (Рис. 5).



Рис. 5. *Riccia ciliifera*, окр. с. Зайцевка

*Weissia rostellata* (рекомендуемая категория 3) – аридный галофит, в области на северной границе ареала, собран на глинистых бровках овражков и в злаковых галофитных группировках, со спорофитами; площади популяций – до нескольких квадратных дециметров, состояние относительно удовлетворительное; 4/1 (Рис. 6).



Рис. 6. *Weissia rostellata*, хут. Малеванный

В мониторинговый список (виды «второй очереди охраны») рекомендованы: неморальные петрофитно-эпифитные виды *Anomodontella longifolia* (8/4),

*Pseudoanomodon attenuatus* (2/2), *Anomodon viticulosus* (3/2); неморальные виды почвенных обнажений в лесных оврагах *Plagiomnium medium* (1/0), *Tortula mucronifolia* (2/1); кальцефильный петрофит *Orthotrichum anomalum* (2/1), кальцефильные гигрофильные печеночники *Pellia endiviifolia* (1/0), *Leiocolea badensis* (1/0); аридные кальцефиты степных сообществ *Pterygoneurum subsessile* (9/4), *P. ovatum* (13/7), *Syntricha caninervis* (7/2), *Trichostomum crispulum* (7/3), *Aloina rigida* (2/0), *Encalypta vulgaris* (5/3); степной галофит *Riccia ciliata* (4/1), ацидофильные петрофиты *Grimmia laevigata* (3/1), *G. muehlenbeckii* (3/1), *G. pulvinata* (7/2), *G. ovalis* (1/1), *Schistidium crassipilum* (2/1).

Ниже перечислены прочие редкие и интересные виды с указанием обеспеченности территориальной охраной: *Barbula convoluta* (5/1), *Bryoerythrophyllum recurvirostrum* (1/1), *Bryum dichotomum* (5/0), *B. elegans* (1/1), *B. funckii* (9/2), *B. lonchocaulon* (1/0), *Campyliadelphus chrysophyllus* (5/3), *Campylidium sommerfeltii* (1/0), *Campylidium calcareum* (6/2), *Cephaloziella rubella* (1/0), *C. divaricata* (3/1), *Climacium dendroides* (1/0), *Cratoneuron filicinum* (1/1), *Dicranella heteromalla* (1/0), *Dicranum montanum* (1/1), *D. polysetum* (1/0), *D. scoparium* (3/2), *Fissidens bryoides* (4/1), *F. taxifolius* (1/0), *Lophocolea heterophylla* (2/0), *Marchantia polymorpha* (2/0), *Pellia endiviifolia* (1/0), *Physcomitrium pyriforme* (3/1), *Plagiothecium denticlatum* (1/0), *Pleurozium schreberi* (3/0), *Polytrichum commune* (1/0), *Schistidium apocarpum* (5/1), *S. dupretii* (1/0), *Sciuro-hypnum populeum* (4/2), *S. reflexum* (2/1), *Serpoleskea subtilis* (3/1), *Tortula muralis* (1/0), *T. protobryoides* (1/0), *T. truncata* (1/0), *Weissia brachycarpa* (2/0), *W. levieri* (1/0).

На действующих охраняемых территориях Богучарского степного района сосредоточено 77 % от выявленной бриофлоры, таким образом 23 % видового состава не обеспечены территориальной охраной. Полный охват территориальной охраной имеют местонахождения лишь у 8 видов из Красной книги области [16]; у 3 видов ни одно из известных местонахождений не имеют охранного статуса; у прочих видов – лишь 30–50 % местонахождений обеспечены территориальной охраной. Перевод проектируемых ООПТ в действующие, а также организация новых ООПТ, рекомендованных автором, обеспечит 100% территориальной охраны редких видов.

#### **Бриологическая характеристика действующих, проектируемых и перспективных и ООПТ Богучарского степного ландшафтного района**

Для изученных ООПТ указаны: краткие установочные данные [15], количество выявленных видов; перечислены редкие, интересные и охраняемые виды, занесенные в Красную книгу Воронежской области [16]. Виды, занесенные в Красную книгу Воронежской области отмечены\*.

#### **ВЕРХНЕМАМОНСКИЙ РАЙОН**

**№ 1 Урочище Ореховое** (5 км к востоку от с. Дерезовка). Площадь 50 га (Рис. 7). Получило охранный статус по рекомендации автора статьи (Решение Облисполкома Воронежской области № 74 от 13 февраля 1986 г.). Объекты охраны: петрофитные степи южного типа (тимьянники, полыньники, иссопники), фрагменты

плакорных ковыльных степей, галофитные группировки и полупустынно-степные сообщества на щебнистых почвах останцово-водораздельного типа местности, нагорные березняки, байрачные дубравы, выходы скальных обнажений туронского мела, а также палеогеновых песчаников. Бриофлора памятника природы к настоящему времени насчитывает 65 видов и включает как степные кальцефиты, так и неморальные эпифиты и петрофиты. Некоторые ранее опубликованные виды [6] были переопределены: *Didymodon tophaceus* (Brid.) Lisa как *Barbula convoluta*, *Molendoa sendtneriana* (Broth et al.) Limpr. – как *Didymodon rigidulus*, *Homomallium incurvatum* (Schrad. ex Brid.) Loeske – как *Hypnum cupressiforme* var. *filiforme*. Доля редких и интересных видов очень значительна – около 40%: *Anomodon viticulosus*, *Anomodontella longifolia*, *\*Buckia vaucheri*, *\*Encalypta streptocarpa*, *E. vulgaris*, *Grimmia laevigata*, *G. muehlenbeckii*, *G. ovalis*, *\*Hedwigia mollis*, *\*Homalothecium lutescens*, *\*H. sericeum*, *\*Leucodon sciuroides*, *Orthotrichum anomalum*, *Pseudoanomodon attenuatus*, *Pterygoneurum ovatum*, *Sciuro-hypnum populeum*, *\*Seligeria calcarea*, *\*S. pusilla*, *Syntricha caninervis*, *\*Taxiphyllum wisgrillii*, *Tortula mucronifolia*. 9 видов занесены в Красную книгу области [16]. Состояние объекта хорошее, ценность значительная.



Рис. 7. Урочище Ореховое

#### Проектируемые ООПТ

**№ 2-4 Дерезовский заказник.** Обоснования для организации Дерезовского заказника даны нами в отдельной статье [16]. В предлагаемом ООПТ представлен весь спектр характерных ландшафтов Донского Белогорья и Красногорья, включая техногенные (песчаниковый карьер). Территория перспективного заказника занимает полосу правобережья р. Дон шириной около 2 км, западная граница проходит в 3 км к западу от пос. Донской, восточная – у с. Осетровка. В составе растительных сообществ перспективного заказника присутствует не менее десятка видов сосудистых растений и Красной книги России и более трех десятков видов из Красной книги Воронежской области [16]. Несмотря на высокую природоохранную

значимость указанной территории, памятником природы является лишь урочище «Ореховое».

Опорными пунктами на территории заказника являются окрестности хут. Донской (№ 2), где представлены степи на мелах и щебнистых склонах, а также искусственные посадки сосны, из редких видов присутствуют *Aloina rigida*, *Bryum dichotomum*, *Pleurozium subulatum*, *Pohlia melanodon*, *Schistidium dupretii*, всего 30 видов; урочище Парня (№ 3), где в составе бриофлоры крупной байрачной дубравы отмечен ряд лесных неморально-бореальных мезофитов, нечастых даже в более северных лесостепных районах – *Lophocolea heterophylla*, *Dicranella heteromalla*, *Fissidens taxifolius*, *Plagiomnium. medium*, *Plagiothecium denticulatum*, всего около 30 видов; отработанный карьер у Осетровского мемориала (№ 4), где спектр местообитаний включает крупные глыбы песчаников, заболоченные озера, меловые обнажения, солонцы – *Bryum creberrimum*, *B. pseudotriquetrum*, *Climacium dendroides*, *Drepanocladus aduncus*, *Marchantia polymorpha*, *Pellia endiviifolia*, *Pterygoneurum subsessile*, *Schistidium apocarpum*, всего 51 вид. Включение указанных пунктов в состав заказника обеспечит охрану почти 90 видам мохообразных. Высокий уровень ландшафтного разнообразия, большие площади природных сообществ хорошей сохранности определяют необходимость комплексного обследования территории правобережья от донской луки далее на запад до впадения в Дон р. Черной Калитвы.

**Обнажения у с. Осетровка.** Проектируемый памятник природы примыкает к территории Дерезовского заказника с востока, поэтому целесообразно включение его в территорию заказника. Состояние природных комплексов правобережья р. Дон у с. Осетровка неудовлетворительное в связи с интенсивной распашкой территории и строительством агрокомплексов. Редких видов в составе бриофлоры не выявлено.

**№ 5 Урочище Москали.** Проектируемый памятник природы расположен к северу от хут. Тихий Дон, непосредственно соприкасаясь с активно разрабатываемым в последние годы гранитным карьером. Представляет собой типичную байрачную дубраву, прорезаемую балкой, выходящей к р. Дон. Видовое разнообразие – 31 вид, редкие *\*Leucodon sciuroides*, *\*Dicranum tauricum*, *D. montanum*, *Anomodontella longifolia*, *Brachythecium rotaeanum*. Состояние дубравы пока удовлетворительное, и она по своей природоохранной значимости вполне соответствует статусу памятника природы.

#### РОССОШАНСКИЙ РАЙОН

**№ 6 Парк-усадьба Чертковых** (с. Еленовка, урочище Ржевск). Площадь 25 га. Указанное урочище ранее нами рассматривалось в рамках Калитвинского ландшафтного района [3], что оказалось неверным. Пейзажный парк, точнее «урегулированный» старовозрастный лес, расположен на склонах балки с выходами ручьев и каскадом прудов. Древесные насаждения представлены почти исключительно ясенем обыкновенным. Достаточно большая площадь, разнообразие местообитаний и их относительная стабильность обеспечивают высокую природоохранную значимость урочища. Мемориальную ценность имеют три каштана, посаженные Л. Н. Толстым. Видовое разнообразие мохообразных высокое

– 38 видов, из них 4 вида занесены в Красную книгу Воронежской области [16], богато представлен неморальный эпифитный комплекс – *Pseudoanomodon attenuatus*, *Anomodontella longifolia*, *\*Porella platyphylla*, *\*Leucodon sciuroides*, *\*Isothecium alopecuroides*, *\*Pterigynandrum filiforme*; интересно наличие кальцефильного гигрофита в роднике *Cratoneuron filicinum*. Состояние объекта удовлетворительное, научная и историко-культурная ценность объекта весьма высока.

**№ 7 Урочище Калитвянские ворота** (с. Новая Калитва). Площадь 20.13 га. Расположено на правобережье р. Черная Калитва близ впадения в р. Дон. Объекты охраны: меловые ландшафты Донского Белогорья, кальцефитно-петрофитные степные группировки. Видовой состав мохообразных невелик, но вполне типичен для мелового юга Среднерусской возвышенности – 10 видов, среди них *Brachythecium glareosum*, *Bryum funckii*, *Campyliadelphus chrysophyllus*. Состояние объекта удовлетворительное.

### БОГУЧАРСКИЙ РАЙОН

**№ 8 Балка Попасная** (окр. с. Дубровка). Площадь 50 га. Памятник природы представляет собой типичную степную байрачную дубраву, с востока к ней примыкает останец (урочище Шпиль) с выходами песчаников на вершине и сообществами петрофитных и галофитных степей на восточных и южных склонах. Видовое разнообразие мохообразных – 30 видов. Интерес представляют лесные неморальные эпифиты *Anomodontella longifolia*, *Brachythecium rotaeanum*, а также бореальные *Dicranum montanum*, *D. scoparium*, в аридных условиях проявляющие себя как эпиксилы. На песчаниках отмечены редки ацидофильные петрофиты *Grimmia laevigata*, *G. pulvinata*, *Schistidium apocarpum*, в каменистой степи *Pterygoneurum ovatum*, *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*, последние 2 вида формируют покрытие до нескольких квадратных метров. Необходимо уточнение границ памятника природы с обязательным включением урочище Шпиль (Рис. 8), состояние которого за последние годы ухудшилось (распашка вплотную к останцу, установка памятного креста на вершине, кустарный карьер, возросшая рекреационная нагрузка). Угрожаемое состояние отмечено для засоленных группировок, примыкающих с юго-запада к памятнику природы (находятся вне границ ООПТ). На влажных солонцах отмечено 7 видов мхов, среди которых *\*Buckia vaucheri*, *\*Weissia rostellata*.

**№ 9 Источник минеральной воды «Белая Горка»** (близ одноименного села). Площадь 15.3 га. Профиль гидрологический. Расположен в устье балки на южной оконечности с. Белая Горка. После создания санатория, дебит источника резко упал, возросла рекреационная нагрузка на степные склоны. Учитывая обилие редких «краснокнижных» сосудистых растений и мхов [16] необходимо расширение охраняемой площади на правобережье р. Дон до границы с Ростовской областью (не менее, чем до 50 га). Видовое разнообразие мохообразных – 33 вида, среди них ряд аридных кальцефитов *\*Homalothecium lutescens*, *Brachythecium glareosum*, *Encalypta vulgaris*, *Pterygoneurum ovatum*, *P. subsessile*, *Trichostomum crispulum* (разреженные степные сообщества на мелах и мергелях), арктоальпийский кальцефильный печеночник *Leiocolea badensis* и бореальный кальцефит *\*Seligeria calcarea* (плотные

выходы мела – «стенки»), а также неморальный эпифит *Anomodon viticulosus* (нагорные дубравы по кромке крутого правобережья долины Дона).



Рис. 8. Урочище Шпиль

**№ 10 Рыжжина балка** (5 км к северо-востоку от с. Красногоровка). Площадь 300 га. Несмотря на «сухопутное» название ООПТ, охраняемым является лишь участок р. Дон, точнее его излучина между с. Красногоровка и с. Абросимово. В составе бриофлоры пойменных сообществ (луга, тополевики, ивняки) выявлено около 10 часто встречаемых видов. Целесообразно объединение всех ценных участков, включая Балку Попасную, правобережье Дона между указанными селами, а также балку и карьер южнее с. Красногоровка в заказник «Красногоровский».

**№ 11 Геологический разрез в устье р. Богучарки** (с. Галиевка). Площадь – 1,7 га. Объект охраны: отпечатки доисторической макро- и мезофауны в отложениях мела и мергеля. Видовое разнообразие мхов – 14 видов [11], среди которых редкий петрофит *\*Seligeria calcarea* (самая крупная, обильно спороносящая популяция в области), а также гигрофильные кальцефиты *Pohlia melanodon*, *Dicranella varia*. Целесообразно увеличение охраняемой площади с включением «меловых стенок» правобережья р. Дон протяженностью около 2 км до «галиевской пещеры», видовое разнообразие мохообразных увеличится до 20 видов за счет фрагментов лесных сообществ. Вероятно, проектируемый памятник природы Обнажения хут. Галиевка (выходы гранитоидов протерозойской эры), имеет смысл объединить с существующим ООПТ.

**№ 12 Урочище Шлепчино** (200 га). **Урочище Помяловская балка** (8 га). Указанные ООПТ, а также гряды останцовых холмов в непосредственной близости к с. Криница, рассматриваются совместно, поскольку видовой состав мохообразных весьма сходен и насчитывает около 20 видов, среди них характерные виды щебнистых степей и галофильных сообществ – *Polytrichum piliferum*, *Pleurozium subulatum*, *Riccia ciliata*, *Cephaloziella rubella*, *C. divaricata*, *Brachythecium glareosum*, *\*Weissia rostellata*; интересно нахождение псаммофита *Bryum elegans*, приуроченного к палеогеновым пескам, обнажающимся среди солонцеватых



черноземов и щебнистых почв. Урочище Шлепчино является одним из старейших памятников природы Воронежской области и охраняется с 60-х гг. прошлого столетия [15]. Объектами охраны являются пологовосклоновые лессингоковыльные степи и полупустынно-степные кустарничковые группировки. Плакорных степных участков практически не сохранилось. Активно распахиваются днища и пологие склоны всех крупных балок, пересекающих юг Богучарского района между селами Криница, Медово, Кравцово, Каразеево. Поэтому инвентаризация всех сохранившихся участков (включая объекты № 16, 19 20), организация охранного режима в ранге памятников природы или объединение в единый заказник весьма актуальны. Известными воронежскими ботаниками Н. С. Камышевым, С. В. Голицыным, Ю. А. Дорониным в 60–70 гг. прошлого столетия неоднократно высказывалась мысль о создании на юге Богучарского района Степного заповедника. К сожалению, в настоящее время наиболее ценные участки расположены фрагментарно, тем не менее их ценность продолжает оставаться значительной.

**№ 13 Хрипунская степь.** Площадь 62 га (Рис. 9). Расположена юго-восточнее с. Новоникольск. Объект охраны: плакорная некосимая разнотравно-типчакowo-перистоковыльная и лессингоковыльная степь. Открыта для науки Н. Ф. Комаровым в 1928 г., многократно посещалась и изучалась ботаниками. Несмотря на широкую известность, точно указать местонахождение степи довольно трудно. В качестве ближайших пунктов указывались как с. Новоникольск, так и с. Лебединка. Охраняемой плакорной залежной степью в настоящее время является лишь небольшой участок в 2–3 км к югу от с. Новоникольск близ дубравы. Ряд плакорных участков, посещавшихся автором статьи в середине 80-х гг. прошлого столетия, ныне распаханы. Необходим безотлагательный учет всех сохранившихся степных пологовосклоновых урочищ, занятых каменистыми типчакowo-ковыльными степями и галофильными сообществами и организация крупного ООПТ в ранге заказника. В целях повышения репрезентативности предлагаемого ООПТ целесообразно включение и наиболее ценных степных дубрав (урочище Берестовое). Возможным вариантом является присоединение ценных участков Хрипунской степи к существующему заказнику «Степной» (непосредственно, прилегающего к рассматриваемой территории и расположенного в Кантемировском районе). Ранее, в довоенные годы, рассматриваемые территории входили в состав Байбаковского заповедника. В бриофлоре всех перспективных кластеров Хрипунской степи выявлено около 30 видов, из редких мхов – \**Bryum alpinum*, из относительно редких *Leptobryum pyriforme*, *Hygroamblystegium humile*, *Sciuro-hypnum populeum*, *Radula complanata*, *Weissia longifolia*.

#### Проектируемые ООПТ

**№ 8, 10, 14, 15 Красногоровский заказник** (Рис. 10). К охране рекомендуется все правобережье р. Дон как к северу, так и к востоку от с. Красногоровка (№ 14), включая действующие памятники природы Рыжкина балка, Балка Попасная, а также байрачную дубраву и каменистые склоны в районе старого карьера по добыче песчаников (урочище Каменный лог – № 15), балку Плоскую, а также окр. с. Абросимово. Бриофлора всей рекомендуемой к охране территории – не менее 50

видов, среди них *Pterygoneurum ovatum*, *P. subsessile*, *Trichostomum crispulum*, *Barbula comvoluta*, *Grimmia pulvinata*, *G. muehlenbeckii*, *Sciuro-hypnum populeum*, *Schistidium apocarpum*, *Tortula muralis var. aestiva*, *Tortula mucronifolia*, *Campylidium sommerfeltii*, *Bryum dichotomum*. Состояние предлагаемой к охране территории хорошее, уровень эстетической привлекательности ландшафтов очень высокий. Территория вполне может рассматриваться как перспективный национальный парк.



Рис. 9. Хрипунская степь.



Рис. 10. Меловые стенки у с. Красногоровка

**№ 16 Балка Медова.** Предлагается к охране протяженная балка между селами Медово и Криница (расположение балки указано не совсем точно, скорее к югу от села Медово и в восточном направлении). На наш взгляд интерес представляют балки к западу от села, пологие склоны останцов к северу, родник, а также

заброшенный карьер к востоку от села. Бриофлора включает более 30 видов, среди них петрофиты *Schistidium crassipilum*, *Tortula muralis*, *Grimmia plagiopodia*, *G. pulvinata*; степные виды *\*Weissia rostellata*, *Syntricha caninervis*. *Pterygoneurum ovatum*, *\*Buckia vaucheri*, *Bryum kunzei*, *Bryum dichotomum*. Балка к югу от села, где ранее отмечались многочисленные популяции тюльпана Шренка, распахана почти полностью, остались лишь небольшие фрагменты каменистых степей.

**№ 17 Правобережье р. Дон к югу от хут. Тихий Дон.** Территория представляет собой крутой правый берег Дона с выходами мела, крупную дубраву – урочище Рубеж, рассеченную глубоким оврагом; небольшие участки пойменных лугов. Предлагается расширить территорию на юг до с. Грушовое (меловые обнажения, каменистые степи, лиман), а также включить в ООПТ байрачные дубравы Лес Олейников и Яровой лес. Видовое разнообразие указанной территории – около 40 видов, среди них как редкие эпифиты *\*Leucodon sciuroides*, *Anomodontella longifolia*, так и кальцефильный петрофит *Fissidens gracilifolius*, а также степные виды *Brachythecium glareosum*, *Weisia levieri*, *Tortula protobryoides*.

**№ 18 Обнажение Яр Вервекровский** – памятник природы геологического профиля (стратотип Донской серии). На мергелистых склонах близ с. Вервекровка выявлено 7 видов мхов, из редких лишь аридный кальцефит *Syntricha caninervis*.

**Урочище Рассыпное** расположено на границе с Кантемировским районом близ сел Луговое и Фисенково. Представляет собой одну из многочисленных остепненных байрачных дубрав (поэтому номер не присваивается). Видовое разнообразие мохообразных – около 25 видов, редких видов не выявлено. Необходимо более тщательное обследование байрачных дубрав, каменистых степей и солонцов в окрестностях населенных пунктов Фисенково, Атамановка, Первомайское, Новая Калитва с целью организации охраны наиболее ценных объектов.

**Липчанская гора** – степной останец с ковыльными группировка близ сел Липчанка и Шуриновка. Степень нарушенности довольно высокая (густая дорожная и тропинопная сеть, заброшенные строения и др.). Мхов – 5 видов, самых обычных и устойчивых.

**№ 19 Урочище Быки** – расположено к северо-западу от хут. Кравцово, представляет собой типичный образец останцово-водораздельного типа местности, занятого ковыльными и полупустынно-степными кустарничковыми группировками. Выявлено 7 видов, типичных для указанных сообществ, из относительно редких – *Pterygoneurum ovatum*, *Pleuridium subulatum*

#### Перспективные ООПТ

**№ 20 Степи и дубравы у хут. Малеванный.** В окрестностях указанного населенного пункта сохранились большие площади каменистых степей, галофитных сообществ, байрачных дубрав. Важно отметить не только высокий уровень флористического и ценоотического разнообразия, но и ландшафтного, что определяет значительную ценность указанной территории. Бриофлора одна из самых богатых – 45 видов, в ней присутствуют степные галофиты, *\*Riccia ciliifera*, *\*Weissia rostellata*, *\*Bryum alpinum*, *Pleuridium subulatum*, *Cephaloziella divaricata*, а также кальцефиты *Encalypta vulgaris* *\*Buckia vaucheri*, эпигейные виды рассеянного распространения *Weissia brachycarpa*, *Fissidens bryoides* *Tortula truncata*, *Bryum*

*dichotomum*, лесные неморальные эпифиты и эпиксилы *Anomodontella longifolia*, *\*Dicranum tauricum*.

#### КАНТЕМИРОВСКИЙ РАЙОН

**№ 21 Заказник Степной.** Площадь 1206.97 га (опорные пункты сс. Осиковка, Викторовка, Сергеевка, Криничный). Площади естественной растительности невелики. Объекты охраны: популяции сурка-байбака, сухие байрачные дубравы, лугово-болотные сообщества по днищам балок, ковыльно-типчаковые степи. Видовое разнообразие мхов – около 35 видов [8], из редких и интересных можно назвать *Brachythecium rotaezanum*, *\*Bryum alpinum*, *B. kunzei*, *Pterygoneurum subsessile*, *P. ovatum*. Бриологическая ценность заказника в его существующих границах незначительна, однако может существенно повыситься за счет расширения его территории в юго-восточном направлении.

**№ 22 Кантемировка.** Площадь 1.13 га. Памятник природы геологического профиля. Объект охраны: литологический комплекс палеогена. Видовое разнообразие мхов – 22 вида [10], из относительно редких – *Bryum kunzei*, *Pleuroidium subulatum*, *Pterygoneurum ovatum*, *Tortula muralis* var. *aestiva*.

**№ 23 Обнажения палеогена у с. Пасеково.** Площадь 2.46 га. Профиль геологический. Объект охраны: остатки наземной флоры палеогенового возраста. В небольшом карьере близ водоема обнажаются алевриты кантемировской свиты. Наблюдается смена пород, отложенных в разных морских условиях, – песок мелководный, глины более углубленных участков, угли лагун, крупный песок и галька прибрежной зоны. Угли добывались до середины прошлого века, в настоящее время на месте шахт образовались пруды; россыпи мелкого угля сохранились на подъездных дорогах и берегах. Видовое разнообразие мхов – 13 видов [10], из относительно редких – *Bryum creberrimum*.

**№ 24 Урочище Кругленькое.** Площадь 25 га (Рис. 11). Расположено на правом берегу р. Белой близ слияния ее с р. Овчинной. Данное урочище является одним из старейших памятников природы Воронежской области [15]. Видовое разнообразие мхов – около 30 видов, наибольший интерес представляют степные кальцефиты *Trichostomum crispulum*, *Weissia longifolia*, *Syntricha caninervis*, *Pterygoneurum ovatum*, *P. subsessile*, *Brachythecium glareosum*, *Bryum funckii*, *Barbula convoluta*. Такие виды, как *Didymodon tophaceus*, *Tortella tortuosa* (Hedw.) Limpr. были указаны для данного урочища ошибочно [6]. Небольшая по площади остепненная байрачная дубрава по составу бриофлоры мало интересна – 17 часто встречаемых в подобных сообществах видов.

**№ 25 Луг у с. Волоконовка.** Площадь 18 га. Расположен на левобережье рек Овчинной и Белой напротив урочища Кругленькое. Объекты охраны: солонцы и солончаки с полупустынной растительностью. Один из старейших ООПТ Воронежской области, охраняется с конца 60-х гг. прошлого столетия. Совместно с прилегающим урочищем Кругленькое (№ 24) рассматривался как ценнейший ботанический объект [15]. Из мхов выявлено лишь 10 видов, из них интересны *Bryum turbinatum* *B. dichotomum*. Указанные урочища посещались автором статьи, начиная с 1982 г. многократно. Состояние их неуклонно ухудшается, особенно луга – большая часть территории поймы находится в частном владении, на ней

расположен загон для скота, луг перерезан осушительными канавами, в связи с чем рельеф и экологический режим полностью нарушены. Контроль со стороны экологического комитета полностью отсутствует, создается впечатление, что ООПТ считаются вовсе не те территории, которые воронежские ученые называли «Меккой для ботаника» и «музеем ископовой флоры».



Рис. 11. Урочище Кругленькое

**№ 26 Степные склоны у с. Писаревка.** Площадь 193.65 га. Памятник природы расположен на правом берегу р. Богучарки. Объекты охраны: меловые ландшафты Донского Белогорья, кальцефитно-петрофитные степные группировки. Видовое разнообразие невелико – 22 вида, что объясняется почти полным отсутствием лесного типа растительности на территории ООПТ, представлены типичные степные кальцефиты *Weissia longifolia*, *Trichostomum crispulum*, *Pterygoneurum ovatum*, *Didymodon fallax*, *Campylidium calcareum*. Существенное повышение природоохранной значимости территории может обеспечить включение данного памятника природы в проектируемый заказник Писаревский (№ 26, 30, 31).

#### Проектируемые ООПТ

**№ 27 Обнажения у с. Касьяновка.** Памятник природы геологического профиля – стратотип Касьяновской серии. Расположен в 2 км к северу от центра села, в верховья балки. Выявлено 16 видов (с учетом фрагментов лесной растительности по днищу балки), из них относительно редкий – *Pterygoneurum ovatum*.

**№ 28 Озерно-лесной комплекс у с. Титаревка** (Рис. 12). Ландшафты предлагаемой к охране территории включают дубравы, расчлененные глубокими оврагами, иногда с водотоками; заболоченные западины (так называемые «лиманы»); степные сообщества на щебнистых склонах, засоленных почвах, мелах, а также отработанные карьеры по добыче охры, где представлен богатый спектр местообитаний (гривы, отдельные камни, озера, мокряди). Видовое разнообразие мохообразных – более 35 видов, среди редких присутствуют *\*Bryum alpinum*,

*Barbula convoluta*, *Grimmia pulvinata*, *Riccia ciliata*, *Tortula modica*. *Physcomitrium pyriforme*. Состояние природно-антропогенных комплексов хорошее.



Рис. 12. Охровые карьеры близ с. Титаревка

**№ 29 Шафрановый луг в окр. с. Бондарево.** Объект расположен на южной окраине села, представляет собой влажный луг в пойме небольшого ручья. Бриофлору для столь небольшого по площади и довольно однообразного по характеру местообитаний объекта можно считать богатой – 12 видов, среди них мезогигрофиты *Hygroamblystegium humile*, *Bryum turbinatum*, *Bryum dichotomum*, *Physcomitrium pyriforme*, а также кальцефит *Pterygoneurum ovatum*.

**№ 30 Степная балка у с. Смаглеевка.** В перечне проектируемых ООПТ указано, что объект находится в 8 км к югу от села, на наш взгляд, вероятно это ошибочное указание, поскольку все балки открываются в долину р. Богучарки и имеют меридиональное направление. На наш взгляд охраны заслуживает протяженная балка в долине ручья Голый от охрового карьера на севере до с. Смаглеевка на юге. Видовое разнообразие мхов невелико – около 20 видов, однако обнаружен редкий галофит *\*Bryum alpinum*. Необходимо комплексное обследование объекта и корректировка его границ.

**№ 31 Усадебный парк Бедряг-Прутченко «Писаревка»** (западная окраина с. Писаревка). Ценность данного садово-паркового объекта для крайнего степного юга области весьма велика, несмотря на полную утрату композиционной структуры. Парк располагается на выровненном пространстве водораздела, плавно переходящем в пойму р. Богучарки. Древостой представлен старовозрастными экземплярами дуба (не менее 150 лет), сохранился заросший пруд с топкими берегами. Видовое разнообразие мхов – 31 вид, что для парковой бриофлоры достаточно много [9], из редких видов – неморальный эпифит *Porella platyphylla*.

**№ 26, 30, 31. Писаревский заказник.** Целесообразно включение в заказник территории существующего ООПТ «Степные склоны у с. Писаревка», а также проектируемых памятников природы, которые рассмотрены выше.

**№ 24, 25, 29 Бассейн р. Белая в пределах Воронежской области.** Заказник предположительно включает объекты № 24, 25, 29, а также правобережье р. Белой

от с. Новобелая до сел Жилино и Поддубное. Включение в заказник довольно крупных дубрав к северо-западу от с. Поддубное существенно повысит ландшафтное и флористическое разнообразие проектируемого ООПТ.

Перспективные ООПТ

**№ 32 Галофитные степи и дубравы у с. Бугаевка.** Предлагаемый к охране объект расположен в 1 км к северу от западной окраины села, представляет собой небольшую байрачную дубраву с элементами искусственных лесопосадок, рассеченную глубоким оврагом с непересыхающим ручьем. Спектр местообитаний очень широк – северные склоны балок с разнотравными сообществами, каменистые степи с кустарничковыми группировками, засоленные участки, русло ручья и др. Видовое разнообразие – одно из самых высоких среди ООПТ Богучарского степного ландшафтного района – 46 видов, среди них виды самых разных экологических групп (кальцефильные и галофильные ксерофиты, мезофиты, гигрофиты) и ботанико-географических элементов (неморальные, бореальные, аридные): *\*Bryum alpinum*, *Dicranum polysetum*, *Fissidens bryoides*, *Hygroamblystegium humile*, *\*Leucodon sciuroides*, *Lophocolea heterophylla*, *\*Porella platyphylla*, *Pterygoneurum ovatum*, *Weissia brachycarpa*, *\*W. rostellata*. Ценность перспективного ООПТ значительна, сохранность хорошая.

**№ 33 Степные склоны и дубравы близ Зайцевка.** Склоны южной экспозиции заняты типичными галофильными группировками, высачивающиеся в средней части склона родники обуславливают произрастание ряда редких видов. Видовое разнообразие – около 35 видов, среди них: *Brachythecium glareosum*, *Cephaloziella divaricata*, *Pterygoneurum ovatum*, *\*Bryum alpinum*, *\*Riccia ciliifera*, *R. ciliata*. Состояние популяций «краснокнижных» видов вполне удовлетворительное.

**№ 34 Урочище Перещепное у с. Журавка.** К охране предлагается довольно крупная байрачная дубрава с остепненными опушками по юго-восточной окраине. Выявлено около 30 видов, среди них неморальные эпифиты *\*Porella platyphylla*, *\*Leucodon sciuroides*, а также петрофиты, отмеченные на крупных глыбах доломитов (привезенных, видимо, в целях ландшафтного дизайна) – *Schistidium crassipilum*, *Orthotrichum anomalum*.

Необходимо комплексное обследование всех предлагаемых к охране объектов, поскольку наличие и хорошая сохранность типичных ландшафтов степного Красногорья предопределяет высокое видовое богатство всех компонентов биоты.

**Бриологическая характеристика биоразнообразия мхов типичных ландшафтов Богучарского степного ландшафтного района**

Ниже кратко характеризуются бриофлоры типичных ландшафтов Богучарского степного района и дается оценка их репрезентативности в сети ООПТ.

**Дубравы** (байрачные и нагорные) отличаются достаточно высоким уровнем видового богатства мохообразных – около 60 видов; доля редких и интересных видов – 15,7% (*Anomodontella longifolia*, *Pseudoanomodon attenuatus*, *Anomodon viticulosus*, *Dicranum tauricum*, *Plagiomnium medium*, *Tortula mucronifolia*, *Leucodon sciuroides*, *Porella platyphylla* и др.). Лесостепные дубравы характеризуются значительной расчлененностью овражной сетью и наличием широкого спектра

местообитаний, благоприятных для поселения видов самой разнообразной экологии (стволы деревьев, гнилая древесина, почвенные обнажения, родники, выходы мела и песчаников и др.). Видовой состав мохообразных дубравных урочищах далеко не всегда однотипен, то есть степень «уникальности» достаточно высока. Это обстоятельство определяет необходимость дублирования остепненных дубрав в сети ООПТ. Дубравные сообщества представлены в составе природных комплексов лишь на таких действующих ООПТ как Ореховое и Балка Попасная. Наиболее оптимальным путем сохранения биоразнообразия лесной бриофлоры представляется организация заказников «Дерезовский», «Красногоровский», памятников природы Москали, Олейников лес, Рубеж, Перещепное; расширение границ некоторых существующих ООПТ (Белая горка) с охватом всего спектра местообитаний.

**Каменистые степи** часто встречаются в комплексе с галофитными степями и приурочены к останцово-водораздельному типу местности. Типичные примеры данных ландшафтов: окрестности населенных пунктов Малеванный, Медово, Криница, Кравцово (Богучарский район), Зайцевка, Бугаевка (Кантемировский район), Донской (Верхнемамонский район). В составе бриофлоры выявлено 25 видов мохообразных. Примерно треть видового состава являются редкими: *Grimmia plagiopodia*, *Pterygoneurum ovatum*, *P. subsessile*, *Pleuridium subulatum*, *Weissia levieri*, *Bryum elegans*, *Tortula protobryoides*. Особенности бриофлоры проявляются в существенном преобладании представителей семейства Pottiaceae (28 %), резком перевесе верхоплодных мхов над бокоплодными (6:1). Охраняемыми являются лишь урочища Шлепчино, Помяловская балка, урочище Шпиль, входящее в памятник природы Балка Попасная. Охрана предлагаемых ценных участков должна быть организована безотлагательно, поскольку рекомендации активного расширения посевных площадей уже привели к потере огромных площадей степей – типа растительности, практически полностью утраченного на территории Центральной России.

**Плакорные типчаково-ковыльные степи** – единственный небольшой участок, известный у села Новоникольск (Хрипунская степь), имеет статус памятника природы. Видовой состав мхов довольно скуден – около 10 видов, специфичных и редких видов нет.

**Кальцефитно-петрофитные степи на меловых склонах** – один из наиболее характерных ландшафтов Богучарского степного района. Классические местонахождения подобных ландшафтов – правобережья рек Богучарки и Белой, а также реки Дон. В составе бриофлоры кальцефитно-петрофитных степей выявлено около 30 видов, доля редких составляет около 35 %. (*Trichostomum crispulum*, *Aloina rigida*, *Encalypta vulgaris*, \**Homalothecium lutescens*, *Pterygoneurum subsessile*, *Brachythecium glareosum*, *Syntricha caninervis* и др.). Статус памятников природы имеют лишь 4 объекта: Степные склоны у с. Писаревка, Урочище Ореховое, Калитвянские ворота, Урочище Кругленькое, в которых охраняется около 90 % редких кальцефитов. Предлагаемые к охране участки (указаны в рубриках проектируемых и перспективных), а также расширение существующих ООПТ повысит степень территориальной охраны и обеспечит должную дублированность кальцефитных группировок в сети ООПТ.



**Галофитные сообщества** распространены на территории района довольно широко, наиболее типичные из них встречаются в окрестностях населенных пунктов Малеванный, Титаревка, Бугаевка, Медово, Криница. Видовое разнообразие данных сообществ составляет – 21 вид, причем доля редких и интересных видов одна из самых высоких – около 50 %. Ряд редких видов тяготеют именно к экстремальным экологическим условиям – хлоридное засоление, длительное переувлажнение, уплотненность грунта.: *\*Bryum alpinum*, *\*Weissia rostellata*, *Riccia ciliata*, *\*R. ciliifera*, *Pleuridium subulatum*, *Cephaloziella rubella*, *C. divaricata*. Частыми и обильными в галофитных сообществах являются эвритоппные виды *Syntrichia ruralis*, *Ceratodon purpureus*, *Bryum caespiticium*, *Brachythecium campestre*, а также псаммофиты *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*. Необычным оказалось обнаружение на засоленных почвах типичного представителя кальцефитно-петрофитных низкоосоковых степей *Buckia vaucheri*, а также эпифита *Brachythecium rotaeanum*. В числе особенностей бриофлоры следует отметить относительно высокий удельный вес печеночников (20 %). Несмотря на значительную научную ценность галофитных группировок, их представленность в сети ООПТ крайне низка. Статус памятников природы имеют лишь урочища Помяловская балка и Шлепчино, где охраняется всего 25 % из перечисленных редких галофитов. В перечне проектируемых ООПТ значатся Балка Медова и Урочище Быки; эти объекты несущественно повысят степень территориальной охраны галофильных бриофитов. Нами предлагаются к охране такие ценные участки как окрестности сел Бугаевка, Зайцевка, Малеванный. Организация перспективных ООПТ обеспечит 100 % охраны галофильных бриофитов.

**Пойменные сообщества** (пойменные дубравы, тополевики, ивняки, а также луговые сообщества) на территории Богучарского степного ландшафтного района представлены в пойме реки Дон, Богучарка, Белая. Охраняются в памятнике природы Рыжжина балка, Луг у с. Волоконовка. Видовое разнообразие мохообразных пойменных лесов невелико. Луговые сообщества требуют отдельного изучения, поскольку активно эксплуатируются, а режим охраны не соблюдается. В полной мере это относится и к такому своеобразному типу ландшафтов как лиманы – плоские блюдцеобразные понижения, занятые небольшими озерцами или осоковыми болотцами. Целесообразно включение указанных растительных комплексов в состав заказников или памятников природы, территориально близко расположенным.

**Садово-парковые ландшафты** – это фрагменты заброшенных парков и лесопарков, сформированных на месте территории бывших усадеб. Подобных ландшафтов на территории района очень мало: остатки парка с фруктовыми садами в усадьбе Бедряг-Прутченко и «окультуренный» дубово-ясеневый лес в усадьбе Черткова (Ржевский лес). Бриофлора насчитывает около 40 видов, доля редких и интересных видов – около 20 %, причем такие виды, как *\*Isothecium alopecuroides*, *\*Pterigynandrum filiforme* выявлены только в садово-парковых ландшафтах. Действующим памятником природы является лишь Парк в с. Еленовка, второй объект значится в числе проектируемых.

**Карьеры по добыче песчаника.** Изучены выработанные карьеры по добыче песчаников напротив с. Верхний Мамон (Осетровский плацдарм) и в окрестностях с. Красногоровка (Богучарский район), а также отвалы рекультивированного карьера у с. Медово (тот же район). Своеобразными местами для поселения мхов являются многочисленные крупные глыбы песчаников, а также водоемы на днищах карьеров и пересыхающие водотоки в прилегающих оврагах. Уровень видового разнообразия высокий – около 40 видов. Редких видов – около 20 %. Обращает на себя внимание обилие представителей семейства Grimmiaceae: *Grimmia laevigata*, *G. muehlenbeckii*, *G. pulvinata*, *G. ovalis*, *Schistidium crassipilum*.

**Карьеры по добыче охры** расположены в ряде пунктов изучаемого района: села Титаревка, Журавка, Касьяновка (Кантемировский район), Залиман (Богучарский район). Выявлено около 20 видов мохообразных, из них редкие: *\*Bryum alpinum*, *Barbula convoluta*, *Physcomitrium pyriforme*, *Grimmia pulvinata*, *Pterygoneurum ovatum*.

**Карьер по добыче гранита** находится у хут. Тихий Дон. Граниты этого месторождения используются как бутовый камень. Известные ранее естественные выходы гранитов – редчайшего явления на территории Русской равнины [13] нами не обнаружены. В составе бриофлоры карьера около десятка частых, устойчивых к антропогенной нагрузке видов.

Ни один из указанных техногенных ландшафтов не имеет охранного статуса, несмотря на большое научное значение. Наиболее целесообразно включение указанных объектов в комплексные заказники Дерезовский, Красногоровский, Медовский.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Бриофлора Богучарского правобережного степного района характеризуется весьма высоким уровнем видового (128 видов) разнообразия, а также обилием редких видов (11 %) – в основном из числа неморальных эпифитов, степных кальцефитов и видов горной экологии. Лишь 77 % видового состава представлено на действующих охраняемых территориях.
2. В Красную книгу Воронежской области занесены 14 видов и 2 вида рекомендуются к занесению в следующее издание. Полный охват территориальной охраной имеют местонахождения лишь у 9 видов из Красной книги области; у 3 видов все известные местонахождения не имеют охранного статуса; у прочих – лишь 30–50 % местонахождений обеспечены территориальной охраной.
3. Наибольшую природоохранную ценность из числа действующих ООПТ имеют: Урочище Ореховое, Парк в с. Еленовка, Урочище Шлепчино, Хрипунская степь. Высоким видовым богатством мохообразных и значительной долей редких видов характеризуются проектируемые ООПТ: заказники Дерезовский и Красногоровский, Писаревский, Бассейн р. Белая в пределах Воронежской области памятники природы Балка Медова, степные склоны и дубравы у сел Зайцевка, Бугаевка, Малеванный.

4. Степень дублированности характерных степных и лесостепных ландшафтов в действующей системе ООПТ Богучарского ландшафтного района недостаточна для их надежной охраны. Такие типы урочищ как нагорные дубравы и березняки, выходы песчаников и плотного мела, галофитные группировки, каменистые степи требуют безотлагательной охраны. Корректировка границ существующих ООПТ, организация ряда новых заказников и памятников природы обеспечит 100 % территориальной охраны редких видов и значительно повысит уровень репрезентативности системы ООПТ Воронежской области в целом.

#### Список литературы

1. Приказ департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 18 января 2021 г., №13 «Об утверждении перечня особо охраняемых природных территорий областного и местного значения на территории Воронежской области по состоянию на 01.01.2021».
2. Приказ департамента природных ресурсов и экологии Воронежской области от 4 февраля 2013 г., № 19 (с изменениями на 02.07.2015) «Об утверждении схемы развития и размещения особо охраняемых территорий областного значения Воронежской области».
3. Попова Н. Н. Биоразнообразие мохообразных на существующих и перспективных охраняемых территориях Калитвинского ландшафтного района южной лесостепи / Н. Н. Попова // Вопросы степеведения. – 2019. – Том XV. – С. 261–266.
4. Попова Н. Н. Бриофлора действующих и перспективных охраняемых территорий Придонского мелового района северной лесостепи (Воронежская область) / Н. Н. Попова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2022. – Том 8 (74), № 2. – С. 127–153.
5. Попова Н. Н. Репрезентативность сети охраняемых территорий Южнокалачского степного ландшафтного района: бриологический аспект / Н. Н. Попова // Теоретические и прикладные проблемы ландшафтной географии: материалы XIV Междунар. ландшафтной конф., посвящ. 105-летию со дня рождения Ф. Н. Милькова. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2023. – С. 57–59.
6. Физико-географическое районирование Центральных Черноземных областей / Под ред. Ф. Н. Милькова. – Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1961. – 262 с.
7. Хмелев К.Ф. Флора мохообразных бассейна Среднего Дона / К. Ф. Хмелев, Н. Н. Попова. – Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1988. – 169 с.
8. Попова Н. Н. Бриофлора Среднерусской возвышенности.1. / Н. Н. Попова // Arctoa. – 2002. – Vol. 11. – P. 101–168.
9. Попова Н. Н. Бриофлора старинных усадебных парков Воронежской области / Н. Н. Попова // Бот. журн. – 2018. – Т.103, №5. – С. 586–606.
10. Попова Н. Н. Бриофлора государственных региональных заказников Воронежской области / Н. Н. Попова // Вестник Тверского гос. ун-та, 2021.– №1. – С. 137–155.
11. Попова Н. Н. Бриофлора геологических памятников природы Центральной России. Часть 3. / Н. Н. Попова // Флора и растительность Центрального Черноземья – Курск: Мечта, 2018. – С. 150–155.
12. Попова Н. Н. Бриологическая характеристика ландшафтов степного Красногорья / Н. Н. Попова // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: материалы XIII Международной. ландшафтной конференции. – Воронеж: Истоки, 2018. – Т. 2. – С. 279–280.
13. Потемкин А. Д. Печеночники и антоцеротовые России. Т. 1. / А. Д. Потемкин, Е. В. Софронова – СПб.-Якутск, 2009. – 368 с.
14. Флора мхов России / М.С. Игнатов (отв. ред.). Т. 2. – М., 2017. – 560 с.; Т. 4. – М., 2018. – 543 с.; Т. 5. – М., 2020. – 600 с.; Т. 6. – М., 2022 – 472 с.
15. Памятники природы Воронежской области. – Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 1970. – 229 с.

16. Красная книга Воронежской области. Растения. Лишайники. Грибы. Т. 1. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2018. – 412 с.
17. Попова Н. Н. Бриологическое обоснование организации комплексного заказника «Дерезовский» (Воронежская область) / Н. Н. Попова // Степи северной Евразии: материалы IX междунар. Симпозиума. – Оренбург, 2021. – С. 664–668.

**BRYOFLORA OF EXISTING AND PROSPECTIVE PROTECTED AREAS OF  
THE BOGUCHARSKY RIGHT-BANK STEPPE REGION OF THE STEPPE  
CENTRAL RUSSIAN PROVINCE (VORONEZH REGION)**

*Popova N. N.*

*Voronezh State Academy of Sports, Voronezh, Russia  
E-mail: leskea@vmail.ru*

A promising direction in the systematization of specially protected natural areas is the landscape-ecological approach. We have made an attempt to analyze the species diversity of bryophytes of existing and projected protected areas of such a natural object as a landscape area. The purpose of this study is to assess the representativeness of the network of protected areas of the Bogucharsky steppe region of the Voronezh region.

The Bogucharsky right-bank steppe landscape area is located in the extreme south of the Voronezh Region, its eastern and northern borders run along the Don River, the northwestern and western coincide with the zonal one separating the southern forest-steppe from the steppe. The territory of the district is an elevated undulating valley-girder plain with a depth of 100–125 m and a height of about 200–230 m. The relief-forming rocks are writing chalk and marls. On the watersheds, the Cretaceous rocks are overlain by a powerful cover of sandy-clay rocks of the Paleogene, and above – by loams in the interfluvial rivers and alluvial sands and sandy loams in river valleys. The peculiarity of the area is given by the remnant-watershed type of terrain, which is an erosive hills, the tops of which are armored with blocks of hardened sandstones. The climate of the area is dry and continental, the evaporation rate significantly exceeds the annual amount of precipitation (420–480 mm). The hydrographic network is represented by the Bogucharka River, the upper reaches of the Belaya River, and the lower reaches of the Chernaya Kalitva River. Ordinary chernozems are developed in most of the region, southern chernozems are represented in the extreme south; carbonate chernozems are common along the exposed Cretaceous slopes of the gullies, and in their upper parts there are patches of saline soils. The network of protected areas in the Bogucharsky steppe district includes 1 state regional nature reserve "Stepnoy" and 14 natural monuments of regional significance.

Moss harvesting was carried out by the route method, starting from 1982 to 2023. All existing, planned and recommended facilities have been studied. The in-house treatment was carried out using generally accepted bryological techniques. Herbarium collections are kept in the stock herbarium of the Galichya Gora Nature Reserve (VU).

Despite the small area of the landscape area, the bryophora can be assessed as very rich – 128 species of bryophytes, of which only 77 % are concentrated in existing protected areas. 36 % of the total volume of bryophora is frequent and abundant, almost the proportion of rare low-abundance species. 14 species are listed and 2 species are recommended for inclusion in the Red Book of the Voronezh Region; of these, 8 species have 100 % territorial protection in the studied area, 3 species have no protected status; other species have only 30–50 % of the locations are protected.

The degree of duplication of characteristic steppe and forest-steppe landscapes in the current system of protected areas of the Bogucharsky landscape district is insufficient for their reliable protection. Such types of tracts as upland oak forests and birch forests, outcrops of sandstones and dense chalk, halophyte groupings, rocky steppes require urgent protection. The adjustment of the boundaries of existing protected areas, the organization of a number of new sanctuaries and natural monuments will ensure 100 % territorial protection of rare species and significantly increase the level of representativeness of the system of protected areas of the Voronezh Region as a whole.

**Keywords:** bryoflora, species diversity, Red Book, mossy, protected areas, natural monuments, rare species, representativeness.

### References

1. Order of the Department of Natural Resources and Ecology of the Voronezh Region dated January 18, 2021, No. 13 "On approval of the list of specially protected natural territories of regional and local significance on the territory of the Voronezh Region as of 01.01.2021".
2. Order of the Department of Natural Resources and Ecology of the Voronezh region Dated February 4, 2013, No. 19 (as amended on 02.07.2015) "On approval of the scheme for the development and placement of specially protected areas of regional significance of the Voronezh Region".
3. Popova N. N. Mossy biodiversity in existing and prospective protected areas of the Kalitvinsky landscape area of the southern forest-steppe, *Questions of steppe studies*, **XV**, 261, (2019).
4. Popova N. N. Bryoflora of existing and prospective protected areas of the Pridonsky Cretaceous region of the northern forest-steppe (Voronezh region), *Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University Biology. Chemistry*, **8 (74)**, 2, 127 (2022).
5. Popova N. N. Representativeness of the network of protected areas of the South Kalachian steppe landscape region: a bryological aspect, *Theoretical and applied problems of landscape geography: materials of the XIV International Landscape Conference dedicated to the 105th anniversary of the birth of F.N. Milkov*, 57, (Voronezh: VSU Publishing House, 2023).
6. Milkov F. N. (ed.) *Physico-geographical zoning of the Central Chernozem regions*, 262 p. (Voronezh: Voronezh University Press, 1961).
7. Khmelev K. F., Popova N. N. *Flora of the mossy basin of the Middle Don*, 169 p. (Voronezh: Voronezh University Press, 1988.)
8. Popova N. N. Bryoflora of the Central Russian upland.1. *Arctoa*, **11**, 101 (2002).
9. Popova N. N. Bryoflora of ancient manor parks of the Voronezh region, *Botanical journal*, **103** (5), 586 (2018).
10. Popova N.N. Bryoflora of the state regional reserves of the Voronezh region, *Bulletin of the Tver State University*, 1, 137 (2021).
11. Popova N. N. *Bryoflora of geological natural monuments of Central Russia*. Part 3, Flora and vegetation of the Central Chernozem region, 150, (Kursk: Dream, 2018).
12. Popova N. N. *Briological characteristics of landscapes of the steppe Krasnogorie*, Modern landscape-ecological state and problems of optimization of the natural environment of the regions: materials XIII International Landscape Conference, **2**, 279, (Voronezh: Istoki, 2018).

13. Potemkin A. D., Sofronova E. V. *Liverworts and anthocerotes of Russia*, 368 p. (St. Petersburg.-Yakutsk, 2009). –
14. *Flora of mosses of Russia* / M. S. Ignatov (ed.). Vol. 2., 560 p., (Moskow, 2017); Vol. 4., 543 p., (Moskow, 2018); Vol. 5, 600 p., (Moskow, 2020); Vol. 6, 472 p., (Moskow, 2022).
15. *Natural monuments of the Voronezh region*, 229 p. (Voronezh: Central Chernozem Book Publishing House, 1970).
16. *The Red Book of the Voronezh region. Plants. Lichens. Mushrooms*. Vol. 1, 412 p. (Voronezh: Center of spiritual Revival of the Chernozem region, 2018).
17. Popova N. N. *Biological substantiation of the organization of the integrated reserve "Derezovsky"* (Voronezh region), Steppes of northern Eurasia: proceedings of the IX International Symposium, 664, (Orenburg, 2021).

**УДК 159.953.2:612.821.2:37**

## **КРАТКОВРЕМЕННАЯ ПАМЯТЬ: РОЛЬ В ОБУЧЕНИИ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

*Привалова И. Л., Черных Е. В., Шульгина Л. Н.*

*ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет, Курск, Россия  
E-mail: ir\_priv@mail.ru*

Роль памяти в обучении является несомненной также как и взаимосвязь их механизмов. В контексте обучения чаще всего подразумевается долговременная память, однако, фиксация актуальной информации на короткое время является начальным этапом в обучении, определяющим его содержание. Целью настоящего исследования является анализ литературных данных о физиологических механизмах кратковременной памяти и ее роли в обучении. В статье рассматриваются исторические аспекты и современные представления о механизмах кратковременной памяти в свете различных теорий: нейронной, реверберационной и синаптической. Представлена обобщенная информация о механизмах модуляции активности нейронов, различных моделях памяти и архитектуре нейронных «кодов памяти». На основе анализа современных исследований делается вывод о роли синхронизации электрической активности нейронов на различных уровнях ЦНС в механизмах памяти и обучения. Представлен анализ литературных данных о различных формах нейронных реверберационных сетей, а также их взаимодействиях в сопоставлении с эффективностью запоминания. Один из разделов статьи посвящён анализу научных исследований в рамках концепции о синаптических изменениях как фундаментальном механизме обучения и сохранения памяти.

**Ключевые слова:** кратковременная память, обучение, нейронная теория памяти, реверберационная теория памяти, синаптическая теория памяти.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Память – свойство мозга, в основе которого лежат процессы, обеспечивающие запоминание, сохранение, воспроизведение (припоминание), узнавание и забывание информации [1, 2]. По продолжительности выделяют несколько видов памяти. Генетическая память связана с работой генетического аппарата и с механизмом наследственности. Мгновенная (иконическая, сенсорная) память работает лишь в момент восприятия информации. Она не подчиняется произвольной регуляции и может рассматриваться как промежуточная фаза между восприятием и памятью [1, 2]. Кратковременная память сохраняет информацию в течение 25–30 с после прекращения процесса ее восприятия. Оперативная память рассчитана на решение какой-либо конкретной задачи, поэтому время хранения информации зависит от особенностей самой задачи и может составлять от нескольких десятков секунд до нескольких дней. Долговременная память рассчитана на длительный срок хранения информации, а также на многократное повторное обращение и использование соответствующей информации без ее потери. Она может храниться в памяти человека в течение всей его жизни, но по наследству не передается [1, 2].

Традиционно с успешностью обучения связывают механизм консолидации памяти, которому посвящено большое количество работ [3–5]. Однако, именно кратковременная память фиксирует наиболее значимые объекты, их характеристики, события, следовательно, должна играть существенную роль в процессе обучения. В то же время неустойчивость кратковременной памяти может стать критичной для процесса обучения. Поэтому обращение к механизмам первоначального запоминания – фиксации информации в памяти играет важную роль в понимании подходов к обучению.

**Цель работы** – провести анализ литературных данных о физиологических механизмах кратковременной памяти и ее роли в обучении.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Был проведен анализ научных статей, опубликованных в период с 1968 до 2023 года из баз Pubmed.com, SCOPUS.com, eLIBRARY.ru. Поиск проводился по ключевым словам: кратковременная память, обучение, нейронная теория памяти, реверберационная теория памяти, синаптическая теория памяти. Было найдено 18 920 статей, из них для анализа была отобрана 41 статья.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

##### **Определение кратковременной памяти**

Кратковременную память образно можно представить как систему хранения, включающую несколько подсистем с ограниченной емкостью. Ее преимущество состоит в том, что позволяет обращать внимание на ограниченную, но важную информацию. В кратковременной памяти выделяют зрительно-пространственную, аудио-вербальную, тактильную и обонятельную подсистемы, тесно связанные с модальностями сенсорной памяти. [3]. Длительность хранения в кратковременной памяти составляет приблизительно 10–30 с, при повторении дольше. Объем кратковременной памяти довольно ограничен, он представлен широко известным числом Миллера ( $7 \pm 2$  элемента). Однако посредством укрупнения единиц хранения (например, путем использования знака или символа вместо отдельных слов) ее объем может быть существенно увеличен. Информация может поступать в кратковременную память как из сенсорной, так и из долговременной памяти [2, 3].

Для разработки эффективных форм обучения необходимо опираться на современные представления о физиологических механизмах памяти, которые можно объяснить с позиций нескольких теорий: нейронной, реверберационной, синаптической.

##### **Нейронная теория памяти**

Нейронная теория памяти основана на исследованиях электрической активности отдельных нейронов. Следует отметить, что кратковременная память в научных исследованиях ассоциируется, в первую очередь, со зрительными стимулами [6, 7]. Поэтому сформировалось представление о зрительном внимании и кратковременной памяти как системе обратной связи, в которой активность



нейронов модулируется с помощью двух механизмов. С одной стороны, число активированных корковых нейронов увеличивается в соответствии со значимостью видимого объекта. С другой стороны, может изменяться уровень активации нейронов, кодирующих конкретный признак. Таким образом, концентрация зрительного внимания на свойствах наиболее значимых объектов и их признаков, позволяет кодировать их в паттернах активности корковых нейронов [7]. Описанные механизмы могут быть встроены в систему мотиваций при выборе приоритетов в различных областях деятельности человека [8]. Нейронными механизмами объясняется чувствительность зрительного внимания и кратковременной памяти к активации медиаторных систем, подтвержденная недавними экспериментальными исследованиями [9].

Снижением уровня активации ЦНС объясняют уменьшение производительности кратковременной памяти в постковидном периоде [10].

Серьезное математическое обоснование имеют представления о памяти на основе сферической модели когнитивных процессов, предложенной российским психофизиологом Е. Н. Соколовым [11], которая совмещает физиологические и психологические аспекты. Согласно этой модели, множество нейронов-детекторов образуют своеобразную нейронную карту отражения признаков внешней среды – гиперсферу. Каждый из этих нейронов имеет собственный набор синапсов, по которым он получает комбинацию возбуждений от нейронов-преддетекторов (интернейронов между рецепторами и детекторами). Максимально возбуждается тот нейрон-детектор, комбинация синаптических связей которого совпадает с комбинацией возбуждений преддетекторов. Это избирательное возбуждение и определяет возникающее ощущение. Таким образом, набор постсинаптических локусов на нейронах-детекторах формируют особые векторы восприятия. Этот вектор определяется как единица структурного кода памяти. События, представленные на детекторных картах, записываются в нейронах долговременной памяти. Удержание следа в кратковременной памяти также реализуется при участии специализированных нейронов [11].

Интеграциями нейронов объясняет формирование кодовых единиц памяти математическая модель, предложенная А. Н. Лебедевым [12]. В соответствии с этой моделью, кодовыми единицами памяти являются синхронные импульсы от «ансамблей» нейронов (от 100 до 1000), которые циклически повторяются (100 мс активности, затем восстановление в течение 10 мс). Часть нейронов любого ансамбля обязательно располагается в ретикулярной формации ствола и промежуточного мозга, остальные могут размещаться в первичных, вторичных и третичных зонах коры.

Множество исследований посвящено локализации нейронов «памяти». В частности, наиболее активизируемые области были обнаружены в затылочной доле коры больших полушарий (ВА 18/19) [13]. В общей вербальной информации участвуют иные области мозга, а именно левые латеральные задневисочные области, супрамаргинальные извилины, область Брока и дорсолатеральная премоторная область [14].

Подтверждается представление о том, что кратковременная память для чисел кодируется зрительно-пространственной информацией с активацией правого полушария, а в обработке фонологической информации доминирует левое полушарие [15].

Механизмы кратковременной памяти связывают в основном с областями вендролатеральной префронтальной коры (VLPFC, Brodmann (BA) 44/45/47), дорсолатеральной префронтальной коры (DLPFC, BA 8/9/46) и задней теменной коры. Кроме того, в механизмах памяти и обучения задействованы полосатое тело и гиппокамп [16]. На основе нейрофизиологического анализа потоков информации в трех областях префронтальной коры выявлено, что каудальная область связана с кратковременной памятью и быстрым обучением [17, 18].

Организацию кратковременной памяти и механизмы ее консолидации в долговременную связывают также с определёнными ритмами ЭЭГ. Показано, что информация кодируется мозгом человека с помощью доминирующей частотной рефрактерности (разности периодов колебаний, составляющих альфа-спектр) [19]. В настоящее время предполагается, что альфа-ритм преимущественно связан с подавлением активности нейронов, которые не имеют отношения к текущей задаче [20]. Гамма-колебания (>30 Гц), широко представленные в коре головного мозга (особенно в обонятельной, зрительной и слуховой областях) и гиппокампе, связывают с организацией внимания, а тета-ритмы (4–10 Гц) – с выборочным извлечением поступающей информации. Предполагается, что сопряженные тета-гамма-ритмы (межчастотная связь) участвуют в организации работы памяти [21, 22]. Бета-ритмы (~15–30 Гц) связаны с динамическим формированием гибких ансамблей в рабочих функциях памяти. Взаимодействие между альфа-, бета- и гамма-ритмами в разных корковых слоях, вероятно, опосредует произвольное удержание объектов в рабочей памяти [23]. Гамма-, тета- и дельта-колебания связаны с операциями консолидации памяти в коре головного мозга, гиппокампе и полосатом теле [5]. В пропуске входных сигналов в области коры могут участвовать базальные ганглии [24, 25], а в координации интракортикальных коммуникаций – мозжечок [26].

Таким образом, анализ научной литературы, посвященной нейронным теориям памяти, показывает, что современные исследования связывают формирование памяти с синхронизацией электрической активности нейронов на различных уровнях ЦНС с преимущественным вовлечением коры, базальных ганглиев, гиппокампа, мозжечка.

### **Реверберационная теория памяти**

Реверберационная теория памяти основана на работах итальянского физиолога Лоренто Де Но, который первым описал сложные замкнутые цепи нейронов в разных отделах головного мозга (1934–1938). Они создают возможность длительной циркуляции возбуждения (реверберации), которую может прервать торможение какого-либо из нейронов [2]. Отдельные группы нейронов памяти вовлекаются друг за другом, представляя собой своеобразные «нейронные ловушки», возбуждение в которых циркулирует в течение 1,5–2 с. Замкнутые нейронные круги типа

«ловушек» обнаружены преимущественно в лобных отделах коры, тогда как с теменными связаны таламокортикальные кольца. Исходя из этого, сформировалось представление о субстратах кратковременной памяти, и соответственно о механизме начального этапа обучения.

В более поздних работах было подтверждено, что в основе активной кратковременной и рабочей памяти лежит постоянная нейронная активность, зависящая от стимула. На уровне реальных нейронов и синапсов были описаны реверберационные сети в форме «ударных аттракторов» и «линейных аттракторов». Установлено, что устойчивость реверберационных сетей достигается, если рекуррентное возбуждение опосредовано медленными NMDA-рецепторами. [27].

Реверберирующая нейронная цепь может быть закодирована различными паттернами нейронной активности. Профили входящих нейронных сигналов могут взаимно коррелировать с уже существующими реверберационными сетями. Если для нового паттерна нейронной активности резонансного совпадения не достигается, то может формироваться новая реверберационная сеть. Это автоматический самоорганизующийся механизм, с помощью которого можно представить нейрофизиологические основы памяти, ее консолидации и обучения [28].

Для понимания механизмов кратковременной памяти важным является описание корковых нейронных модулей, позволяющих удерживать входящие сигналы в зависимости от архитектуры сенсорных входов. В них могут быть реализованы два типа механизмов кратковременной памяти. Если сенсорные сигналы входят последовательно, наиболее эффективна их последовательная обработка и фиксация с помощью прямых связей (переходная динамика). Для реализации кратковременной памяти при параллельном входе сенсорных сигналов более эффективна динамика реверберации [29].

#### **Синаптическая теория памяти**

Основные идеи синаптической теории памяти были изложены в труде Хебба «Организация поведения» (1949). Понятие «Hebb synapse» («синапс Хебба»), которое прочно вошло в научную литературу, представляет собой постулат о том, что «синаптическое сопротивление» уменьшается всякий раз, когда импульс «пересекает синапс». Механизм данного явления может быть представлен следующим образом: если аксон нейрона А многократно или постоянно принимает участие в возбуждении нейрона В, то в одной или обеих нервных клетках происходят такие метаболические изменения, которые увеличивают эффективность нейрона А в отношении возбуждения нейрона В.

Однако, более важной исследователи считают идею “Hebbian cell assembly”, которая состоит в том, что имеются определенные объединения нейронов и синапсов, которые действуют вместе, при этом стимуляция одного пути активизирует реверберирующую цепь, включающую множество связанных путей. Таким образом, время возбуждения от одного стимула увеличивается. Клеточные ансамбли, связанные паттерном нейронной активности, обеспечивают нейронную основу «хода мысли» [30].

Обобщая эти постулаты, можно сказать, что смысл теории Хебба состоит в утверждении, что нейронные пути (ансамбли), последовательно активируемые вместе, становятся физиологически модифицированными, и, таким образом, обеспечивают облегчение последующей передачи нервных импульсов.

Важным условием дальнейшего развития представлений о механизмах памяти стала разработка поведенческих систем, в которых были обнаружены причинно-следственные связи конкретных изменений в нейронных компонентах поведения с модификацией этого поведения в процессе обучения и хранения в памяти [31]. Исследования показали, что даже животные с ограниченным количеством нервных клеток (от 20 000 в ЦНС у *Aplysia*) обладают способностями к обучению. Простейший поведенческий защитный рефлекс аплии – рефлекс втягивания жабр может быть изменен пятью различными формами обучения: привыканием, дезабутиацией, сенсibiliзацией, классическим обуславливанием и оперантным обуславливанием [32, 33].

Е. R. Kandel обнаружил, что определенные типы стимулов приводят к усилению защитного рефлекса. Это усиление может сохраняться в течение дней и недель, что говорит о научении, то есть о хранении следа в памяти. Механизм этой кратковременной памяти заключается в активации кальциевых каналов, что приводит к увеличению выхода медиатора и, соответственно, усилению рефлекса. В отличие от кратковременной, долговременная память требует образования новых белков. Если с помощью специальных веществ искусственно подавить синтез белка в нервной системе аплии, пострадает долговременная память, но кратковременная сохранится. Таким образом, он убедительно показал, что основой памяти (кратковременной и долговременной) у аплии является синапс, и описал молекулярные механизмы [31–34].

Таким образом, можно считать, что кратковременная память связана с функциональными изменениями в существующих синапсах, в то время как долговременная память ассоциирована с изменением числа синаптических связей. В 2000 г. Эрик Кандел был удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине совместно со шведским фармакологом Арвидом Карлссоном и американским нейрофизиологом Полом Грингардом «за их открытия, относящиеся к преобразованию сигнала в нервной системе» [35].

Дальнейшее развитие синаптической теории привело к возникновению концепции, согласно которой приобретенные изменения в синапсе являются фундаментальным механизмом обучения и сохранения памяти [36]. Решающая роль синаптической пластичности в механизмах памяти подтверждается несколькими контурами доказательств, а именно:

- синаптические изменения обнаруживаются после обучения;
- моделирование синаптических изменений, соответствующих какому-либо воспоминанию, вызывает такое же воспоминание у экспериментального животного;
- предотвращение возникновения синаптических изменений препятствует обучению;
- какие-либо вмешательства в синаптические изменения «стирают» память [37–40].

С обучением и хранением памяти тесно связана длительная потенция (ДП) – форма синаптической пластичности, которая может быть реализована на пресинаптической или постсинаптической мембране. Наиболее часто изучаемой формой ДП является та, которая зависит от активации подтипа N-метил-D-аспартата (NMDA) глутаматного рецептора. Этот рецептор представляет особый интерес, поскольку он образует ионный канал, открытие которого зависит от степени деполяризации постсинаптической клетки в тот момент, когда с ней связывается нейромедиатор глутамат. Это делает рецептор/канал «детектором совпадений», который объясняет такие свойства ДП как специфичность и ассоциативность входных данных. Специфичность входа возникает потому, что ДП индуцируется только в тех синапсах, в которых глутамат связался с рецептором NMDA. Ассоциативность связана с необходимостью того, чтобы несколько возбуждающих синапсов были коактивными (т. е. связанными во времени и пространстве) для того, чтобы постсинаптическая деполяризация была достаточной для разблокировки канала. Примечательно, что инициатором сигнальных каскадов, которые приводят к индукции ДП являются ионы кальция. Таким образом, активация рецепторов NMDA и повышение уровня ионов кальция могут запускать ПД, где кальций определяет направление синаптических изменений. Однако, деполяризация, вызванная глутаматом, жестко регулируется многими факторами, в первую очередь, гамма-аминомасляной кислотой (ГАМК), которая опосредует торможение. В то же время ГАМК-ергические синапсы сами являются высокопластичными структурами, поэтому баланс возбуждения-торможения можно считать физиологической основой процессов памяти и обучения [38–41].

В настоящее время определены медиаторные системы мозга, «ответственные» за устойчивую активацию синапсов. К ним относятся моноаминергические и пептидергические структуры мозга. Норадреналин создает условия для поддержания активации синапсов, обеспечивающей необходимый уровень бодрствования и внимания, поэтому его называют «глобальным учителем» (global teacher) [41]. Аналогичную функцию выполняет восходящая холинергическая система мозга [42]. Следовательно, вещества, модулирующие синаптическую пластичность, могут влиять на процессы обучения и памяти. Это открывает возможности для разработки фармакологической поддержки когнитивных функций.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в современной научной литературе кратковременной памяти отводится важная роль в обучении, поскольку фиксация информации на короткое время является начальным этапом в обучении, определяющим его содержание. Кратковременная память имеет существенное значение при переходе к очередному образовательному этапу. Поэтому планирование обучения требует учитывать физиологические механизмы кратковременной памяти, которые в настоящее время рассматриваются с позиций нескольких теорий: нейронной, реверберационной, синаптической. Проведенное исследование дает основания считать, что интегративный подход позволит выработать эффективные рекомендации для

поддержания устойчивости кратковременной памяти и совершенствования подходов к обучению.

### Список литературы

1. Роуз С. Устройство памяти. От молекул к сознанию: Пер. с англ. / Роуз С. – М.: Мир, 1995. – 384 с.
2. Солсо Р. Л. Когнитивная психология: Пер. с англ. / Солсо Р. Л. – М.: Тривола, 1996. – 600 с.
3. Cascella M. Short-Term Memory Impairment. In: StatPearls [Internet]. / Cascella M., Al Khalili Y. – Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
4. Norris D. Short-term memory and long-term memory are still different / Norris D. // Psychol Bull. – 2017. – Vol.43. – P. 992–1009. doi: 10.1037/bul0000108.
5. Buzsáki G. Neurophysiology of Remembering / Buzsáki G., McKenzie S., Davachi L. // Annu Rev Psychol. – 2022. – Vol.73. – P.187–215. doi: 10.1146/annurev-psych-021721-110002.
6. Pessoa L. Neural correlates of visual working memory: fMRI amplitude predicts task performance / Pessoa L., Gutierrez E., Bandettini P., Ungerleider L. // Neuron. – 2002. – Vol. 35. – P. 975–987.
7. Bundesen C. A neural theory of visual attention and short-term memory (NTVA) / Bundesen C., Habekost T., Kyllingsbæk S. // Neuropsychologia. – 2011. – Vol. 49, Is. 6. – P. 1446–1457. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.006.
8. Hadjipanayi V. Graded prioritisation of targets in search: reward diminishes the low prevalence effect / Hadjipanayi V., Ludwig C.J.H., Kent C. // Cogn Res Princ Implic. – 2023. – Vol. 8, Is. 1. – P.52.
9. Hervig M. E. Theory of visual attention (TVA) applied to rats performing the 5-choice serial reaction time task: differential effects of dopaminergic and noradrenergic manipulations / Hervig M. E., Toschi C., Petersen A., Vangkilde S., Gether U., Robbins T. W. // Psychopharmacology (Berl). – 2023 – Vol. 240, Is.1. – P. 41–58. doi: 10.1007/s00213-022-06269-4.
10. Martin E. M. A hypoarousal model of neurological post-COVID syndrome: the relation between mental fatigue, the level of central nervous activation and cognitive processing speed / Martin E. M., Rupprecht S., Schrenk S., Kattlun F., Utech I., Radscheidt M., Brodoehl S., Schwab M., Reuken P. A., Stallmach A., Habekost T., Finke K. // J Neurol. – 2023. – Vol. 270, Is.10. – P. 4647–4660. doi: 10.1007/s00415-023-11819-7.
11. Векторная психофизиология: от поведения к нейрону / Под ред. Е. Н. Соколова, А. М. Черноρίζова, Ю. П. Зинченко. – М.: Издательство Московского университета, 2019. – 768 с.
12. Лебедев А. Н. Нейрофизиологические параметры памяти человека / А. Н. Лебедев // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 1993. – Т. 43, № 2. – С. 275–279.
13. Nie J. Different memory patterns of digits: a functional MRI study / Nie J., Zhang Z., Wang B., Li H., Xu J., Wu S., Zhu C., Yang X., Liu B., Wu Y., Tan S., Wen Z., Zheng J., Shu S., Ma L. // J Biomed Sci. – 2019. – Vol. 26, Is. 1. – P. 22. doi: 10.1186/s12929-019-0516-y.
14. Henson R. N. Recoding, storage, rehearsal and grouping in verbal short-term memory: an fMRI study / Henson R. N., Burgess N., Frith C. D. // Neuropsychologia. – 2000. – Vol. 38, Is. 4. – P. 426–440.
15. Lycke C. An fMRI study of phonological and spatial working memory using identical stimuli / Lycke C., Specht K., Ersland L., Hugdahl K. // Scand J Psychol. – 2008. – Vol. 49, Is. 5. – P. 393–401. doi: 10.1111/j.1467-9450.2008.00672.x.
16. Shu S. Y. The marginal division of the striatum and hippocampus has different role and mechanism in learning and memory / Shu S. Y., Jiang G., Zeng Q. Y., Wang B., Li H., Ma L., Steinbusch H., Song C., Chan W. Y., Chen X. H., Wu Y. M., Bao R., Chen Y. C., Wu J. Y. // Mol Neurobiol. – 2015. – Vol. 51, Is. 2. – P. 827–839. doi: 10.1007/s12035-014-8891-6.
17. Passingham R. E. Do we understand the prefrontal cortex? / Passingham R. E., Lau H. // Brain Struct Funct. – 2023. – Vol. 228, Is. 5. – P.1095–1105. doi: 10.1007/s00429-022-02587-7.
18. Cai Y. Distinct neural substrates for visual short-term memory of actions / Cai Y., Urgolites Z., Wood J., Chen C., Li S., Chen A., Xue G. // Hum Brain Mapp. – 2018. – Vol. 39, Is.10. – P. 4119–4133. doi: 10.1002/hbm.24236.
19. Соколов Е. Н. Очерки по психофизиологии сознания / Соколов Е. Н. // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2009. – № 1. – С. 3–31.

20. Başar E. A review of alpha activity in integrative brain function: fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology / Başar E. // *Int J Psychophysiol.* – 2012. – Vol. 86, Is. 1. – P. 1–24. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2012.07.002.
21. Derner M. Auditory Beat Stimulation Modulates Memory-Related Single-Neuron Activity in the Human Medial Temporal Lobe / Derner M., Chaieb L., Dehnen G., Reber T. P., Borger V., Surges R., Staresina B. P., Mormann F., Fell J. // *Brain Sci.* – 2021. – Vol. 11, Is. 3. – P. 364. doi: 10.3390/brainsci11030364.
22. Grover S. Synchronizing Brain Rhythms to Improve Cognition / Grover S., Nguyen J. A., Reinhart R. M. G. // *Annu Rev Med.* – 2021. – Vol. 72. – P. 29–43. doi: 10.1146/annurev-med-060619-022857.
23. Miller E. K. Working Memory 2.0. / Miller E. K., Lundqvist M., and Bastos A. M. // *Neuron* 100. – 2018. – P. 463–475. doi: 10.1016/j.neuron.2018.09.023
24. Pouzzner D. Control of functional connectivity in cerebral cortex by basal ganglia mediated synchronization. / Pouzzner D. – 2020 arXiv doi: 10.48550/arXiv.1708.00779
25. Oberto V. J. Distributed cell assemblies spanning prefrontal cortex and striatum / Oberto V. J., Boucly C. J., Gao H., Todorova R., Zugaro M. B., and Wiener S. I. // *Curr. Biol.* – 2022. – Vol. 32. – P.1–13. doi: 10.1016/j.cub.2021.10.007
26. McAfee S. S. Cerebellar Coordination of Neuronal Communication in Cerebral Cortex / McAfee S. S., Liu Y., Sillitoe R. V., Heck D. H. // *Front Syst Neurosci.* – 2022. – Vol. 15. – P.781527. doi: 10.3389/fnsys.2021.781527.
27. Wang X. J. Synaptic reverberation underlying mnemonic persistent activity / Wang X. J. // *Trends Neurosci.* – 2001. – Vol. 24, Is.8. – P.455–463. doi: 10.1016/s0166-2236(00)01868-3..
28. Cariani P. Time Is of the Essence: Neural Codes, Synchronies, Oscillations, Architectures / Cariani P., Baker J. M. // *Front Comput Neurosci.* – 2022. – Vol.16. – P.898829. doi: 10.3389/fncom.2022.898829.
29. Dubreuil A. M. Short term memory properties of sensory neural architectures / Dubreuil A. M. // *J Comput Neurosci.* – 2019. – Vol. 46, Is. 3. – P. 321–332. doi: 10.1007/s10827-019-00720-w.
30. Brown R. E. The Hebb Synapse Before Hebb: Theories of Synaptic Function in Learning and Memory Before , With a Discussion of the Long-Lost Synaptic Theory of William McDougall / Brown R. E., Bligh T. W. B., Garden J. F. // *Front Behav Neurosci.* – 2021. – Vol. 15. – P.732195. doi: 10.3389/fnbeh.2021.732195.
31. Kandel E. R. Cellular neurophysiological approaches to the study of learning. / Kandel E. R., Spencer W. A. // *Physiol Rev.* 1968. – Vol.48. – P.65–134.
32. Castellucci V. Neuronal mechanisms of habituation and dishabituation of the gill-withdrawal reflex in *Aplysia*. / Castellucci V., Pinsker H., Kupfermann I., Kandel E. R. Castellucci V., Pinsker H., Kupfermann I., Kandel E. R. // *Science.* – 1970 Mar 27 – 167(3926) – 1745-8.
33. Kandel E. R. Cellular basis of behavior: An introduction to behavioral neurobiology. / Kandel E. R. – W.H. Freeman, San Francisco; 1976.
34. Kandel E. R. The molecular biology of memory: cAMP, PKA, CRE, CREB-1, CREB-2, and CPEB. / Kandel E. R. // *Mol Brain.* – 2012, May. – 14. – 5. – 14.
35. Ноздрачев А. Д. Нобелевские лауреаты по физиологии или медицине. / Ноздрачев А. Д., Пальцев М. А., Поляков Е. Л., Маслюков П. М., Чернышева М. П. – СПб.: Гуманистика, 2019. – 884 с.
36. Abraham W. C. Is plasticity of synapses the mechanism of long-term memory storage? / Abraham W. C., Jones O. D., Glangzman D. L. // *NPJ Sci Learn.* – 2019. – Vol. 4. – P. 9. doi: 10.1038/s41539-019-0048-y. PMID: 31285847.
37. Martin S. J. Synaptic plasticity and memory: an evaluation of the hypothesis / Martin S. J., Grimwood P. D., Morris R. G. M. // *Annu. Rev. Neurosci.* – 2000. – Vol. 23. – P.649–711. doi: 10.1146/annurev.neuro.23.1.649.
38. Neves G. Synaptic plasticity, memory and the hippocampus: a neural network approach to causality / Neves G., Cooke S. F., Bliss T. V. // *Nat. Rev. Neurosci.* – 2008. – Vol. 9. – P. 65–75. doi: 10.1038/nrn2303.
39. Rioult-Pedotti M. S. Learning-Induced LTP in Neocortex. / Rioult-Pedotti M. S., Friedman D., Donoghue J. P. // *Science.* – 2000. – Vol. 290. – P. 533–536. doi: 10.1126/science.290.5491.533.
40. Ryan T. J. Engram cells retain memory under retrograde amnesia / Ryan T.J., Roy D.S., Pignatelli M., Arons A., Tonegawa S. // *Science.* – 2015. – Vol. 348. – P.1007–1013. doi: 10.1126/science.aaa5542.

41. Скребицкий В. Г. Современные проблемы синаптической пластичности / Скребицкий В. Г., Шаронова И. Н. // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. – 2018. – №12 (Специальный выпуск). – С. 60–69.
42. Solari N. Cholinergic modulation of spatial learning, memory and navigation / Solari N., Hangya B. // *Eur J Neurosci*. – 2018. – Vol. 48, Is. 5. – P. 2199–2230. DOI: 10.1111/ejn.14089.

## **SHORT-TERM MEMORY: ROLE IN LEARNING AND BODY MACHINERY (LITERATURE REVIEW)**

*Privalova I. L., Chernykh E. V., Shulgina L. N.*

*Kursk State Medical University (KSMU), Kursk, Russian Federation  
E-mail: ir\_priv@mail.ru*

The article considers modern ideas about the mechanisms of short-term memory from the perspective of several theories: neural, reverberatory, synaptic.

Within the framework of neural theory, the mechanisms of modulation of neuron activity as a feedback system between visual attention and short-term memory are reviewed. Mathematical models of short-term memory are described – these are used to illustrate the formation of a structural and functional memory code from various standpoints. Studies devoted to the development of ideas on the localization of “memory” neurons in various parts of the brain are elucidated and analyzed. The idea is confirmed that short-term memory for numbers is encoded by visuospatial information with activation of the right cerebral hemisphere, while the processing of phonological information is dominated by the left hemisphere. The mechanisms of short-term memory are associated mainly with areas of the ventrolateral prefrontal cortex, dorsolateral prefrontal cortex and posterior parietal cortex. Based on the neurophysiological analysis of information flows in three areas of the prefrontal cortex, it was revealed that the caudal region is associated with short-term memory and short-term training. An analysis of scientific literature was carried out on the connection between various aspects of short-term memory and its consolidation into long-term memory with specific EEG rhythms. It is noted that modern research associates the formation of memory with the synchronization of the electrical activity of neurons at various levels of the central nervous system with the primary involvement of the cortex, basal ganglia, hippocampus, and cerebellum.

The review unveils the dynamics of the development of ideas about closed neural reentry (reverberation) circulation from “neural traps” to “impact attractors”, “linear attractors” and other types of reverberation networks. A reverberating neural circuit can be encoded by different patterns of neural activity. The profiles of incoming neural signals can be cross-correlated with pre-existing reverberation networks. If a resonant match is not achieved for a new pattern of neural activity, then a new reverberation network may form. Depending on the architecture of sensory inputs, two types of short-term memory mechanisms are distinguished. If sensory signals enter sequentially, their sequential



processing and fixation using direct connections (transient dynamics) is most effective. As for parallel input of sensory signals - reverberation dynamics are more effective.

Research is summarized within the framework of the concept that the fundamental mechanism of learning and memory retention is perceived as acquired changes in synapses.

The development of the synaptic theory of memory has led to ideas about synaptic plasticity, a description of the mechanisms of its modulation and connections with the genetic apparatus. The review presents the results of studies that provide evidence of the decisive role of synaptic plasticity in memory acquisition mechanisms. Experimental studies have shown that synaptic changes are detected after learning, and modeling synaptic changes corresponding to a memory evokes the same memory in a subject animal. Evidence is provided that preventing the occurrence of synaptic changes interferes with learning, and any interference with synaptic changes “erases” the memory.

The article focuses on research on the modulation of synaptic plasticity, which can influence learning and memory processes. At this juncture, the brain mediator systems responsible for the sustainable activation of synapses have been identified. These include monoaminergic and peptidergic brain structures. In particular, noradrenaline creates the conditions to maintain the activation of synapses, providing the necessary level of wide-awakeness and attention. A similar function is performed by the ascending cholinergic system of the brain. Therefore, substances that modulate synaptic plasticity can influence learning and memory processes. This opens up opportunities for the development of pharmacological support for cognitive functions.

The conducted research suggests that the integrative approach will allow us to develop effective recommendations for maintaining the stability of short-term memory and elaborating conceptions of learning.

**Keywords:** short-term memory, learning, neural mnemonic theory, reverberation mnemonic theory, synaptic mnemonic theory.

### References

1. Rouz S. *Ustrojstvo pamyati. Ot molekul k soznaniyu*: Per. s angl., 384 p. (M.: Mir, 1995).
2. Solso R. L. *Kognitivnaya psihologiya*: Per. s angl., 600 p. (M.: Trivola, 1996).
3. Cascella M., Al Khalili Y. *Short-Term Memory Impairment*. In: *StatPearls* [Internet]. (Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023).
4. Norris D. Short-term memory and long-term memory are still different, *Psychol Bull.*, **43**, 992 (2017). doi: 10.1037/bul0000108.
5. Buzsáki G., McKenzie S., Davachi L. Neurophysiology of Remembering, *Annu Rev Psychol.*, **73**, 187 (2022). doi: 10.1146/annurev-psych-021721-110002.
6. Pessoa L., Gutierrez E., Bandettini P., Ungerleider L. Neural correlates of visual working memory: fMRI amplitude predicts task performance, *Neuron.*, **35**, 975 (2002).
7. Bundesen C., Habekost T., Kyllingsbæk S. A neural theory of visual attention and short-term memory (NTVA), *Neuropsychologia.*, **49**, **6**, 1446 (2011). doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.006.
8. Hadjipanayi V., Ludwig C. J. H., Kent C. Graded prioritisation of targets in search: reward diminishes the low prevalence effect, *Cogn Res Princ Implic.*, **8**, **1**, 52 (2023).
9. Havig M. E., Toschi C., Petersen A., Vangkilde S., Gether U., Robbins T. W. Theory of visual attention (TVA) applied to rats performing the 5-choice serial reaction time task: differential effects of dopaminergic and noradrenergic manipulations, *Psychopharmacology (Berl.)*, **240**, **1**, 41 (2023) doi: 10.1007/s00213-022-06269-4.

10. Martin E.M., Rupperecht S., Schrenk S., Kattlun F., Utech I., Radscheidt M., Brodoehl S., Schwab M., Reuken P.A., Stallmach A., Habekost T., Finke K. A hypoarousal model of neurological post-COVID syndrome: the relation between mental fatigue, the level of central nervous activation and cognitive processing speed, *J. Neurol.*, **270**, **10**, 4647 (2023). doi: 10.1007/s00415-023-11819-7.
11. *Vektornaya psihofiziologiya: ot povedeniya k nejonu*, Pod red. E. N. Sokolova, A. M. Chernorizova, YU. P. Zinchenko, 768 p. (M. : Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2019).
12. Lebedev A. N. Nejrofiziologicheskie parametry pamyati cheloveka, *ZHurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti im. I. P. Pavlova.*, **43**, **2**, 275 (1993).
13. Nie J., Zhang Z., Wang B., Li H., Xu J., Wu S., Zhu C., Yang X., Liu B., Wu Y., Tan S., Wen Z., Zheng J., Shu S., Ma L. Different memory patterns of digits: a functional MRI study, *J Biomed Sci.*, **26**, **1**, 22. (2019). doi: 10.1186/s12929-019-0516-y.
14. Henson R. N., Burgess N., Frith C. D. Recoding, storage, rehearsal and grouping in verbal short-term memory: an fMRI study, *Neuropsychologia*, **38**, **4**, 426 (2000).
15. Lycke C., Specht K., Erslund L., Hugdahl K. An fMRI study of phonological and spatial working memory using identical stimuli // *Scand J Psychol.*, **49**, **5**, 393 (2008). doi: 10.1111/j.1467-9450.2008.00672.x.
16. Shu S. Y., Jiang G., Zeng Q. Y., Wang B., Li H., Ma L., Steinbusch H., Song C., Chan W. Y., Chen X. H., Wu Y. M., Bao R., Chen Y. C., Wu J. Y. The marginal division of the striatum and hippocampus has different role and mechanism in learning and memory, *Mol Neurobiol.*, **51**, **2**, 827 (2015). doi: 10.1007/s12035-014-8891-6.
17. Passingham R. E., Lau H. Do we understand the prefrontal cortex? *Brain Struct Funct.*, **228**, **5**, 1095 (2023). doi: 10.1007/s00429-022-02587-7.
18. Cai Y., Urgolites Z., Wood J., Chen C., Li S., Chen A., Xue G. Distinct neural substrates for visual short-term memory of actions, *Hum Brain Mapp.*, **39**, **10**, 4119 (2018). doi: 10.1002/hbm.24236.
19. Sokolov E. N. Ocherki po psihofiziologii soznaniya, *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psihologiya.*, **1**, 3 (2009).
20. Başar E. A review of alpha activity in integrative brain function: fundamental physiology, sensory coding, cognition and pathology, *Int J Psychophysiol.*, **86**, **1**, 1 (2012) doi: 10.1016/j.ijpsycho.2012.07.002.
21. Derner M., Chaieb L., Dehnen G., Reber T.P., Borger V., Surges R., Staresina B.P., Mormann F., Fell J. Auditory Beat Stimulation Modulates Memory-Related Single-Neuron Activity in the Human Medial Temporal Lobe, *Brain Sci.*, **11**, **3**, 364. (2021). doi: 10.3390/brainsci11030364.
22. Grover S., Nguyen J.A., Reinhart R.M.G. Synchronizing Brain Rhythms to Improve Cognition, *Annu Rev Med.*, **72**, 29 (2021). doi: 10.1146/annurev-med-060619-022857.
23. Miller E. K., Lundqvist M., and Bastos A. M. Working Memory 2.0., *Neuron* **100.**, 463 (2018). doi: 10.1016/j.neuron.2018.09.023
24. Pouzner D. Control of functional connectivity in cerebral cortex by basal ganglia mediated synchronization (2020) arXiv doi: 10.48550/arXiv.1708.00779
25. Oberto V. J., Boucly C. J., Gao H., Todorova R., Zugaro M. B., and Wiener S. I. Distributed cell assemblies spanning prefrontal cortex and striatum, *Curr. Biol.*, **32**, 1 (2022) doi: 10.1016/j.cub.2021.10.007
26. McAfee S. S., Liu Y., Sillitoe R. V., Heck D. H. Cerebellar Coordination of Neuronal Communication in Cerebral Cortex, *Front Syst Neurosci.*, **15**, 781527. (2022). doi: 10.3389/fnsys.2021.781527.
27. Wang X. J. Synaptic reverberation underlying mnemonic persistent activity, *Trends Neurosci.*, **24**, **8**, 455 (2001). doi: 10.1016/s0166-2236(00)01868-3..
28. Cariani P., Baker J. M. Time Is of the Essence: Neural Codes, Synchronies, Oscillations, Architectures, *Front Comput Neurosci.*, **16**, 898829 (2022). doi: 10.3389/fncom.2022.898829.
29. Dubreuil A. M. Short term memory properties of sensory neural architectures, *J Comput Neurosci.*, **46**, **3**, 321 (2019). doi: 10.1007/s10827-019-00720-w.
30. Brown R. E., Blich T. W. B., Garden J. F. The Hebb Synapse Before Hebb: Theories of Synaptic Function in Learning and Memory Before, With a Discussion of the Long-Lost Synaptic Theory of William McDougall, *Front Behav Neurosci.*, **15**, 732195. (2021). doi: 10.3389/fnbeh.2021.732195.
31. Kandel E. R., Spencer W. A. Cellular neurophysiological approaches to the study of learning. *Physiol Rev.*, **48**, 65 (1968).
32. Castellucci V., Pinsker H., Kupfermann I., Kandel E. R. Neuronal mechanisms of habituation and dishabituation of the gill-withdrawal reflex in *Aplysia*. *Science.*, **167**(3926), 1745 (1970).

33. Kandel E. R. *Cellular basis of behavior: An introduction to behavioral neurobiology*. (W.H. Freeman, San Francisco; 1976).
34. Kandel E. R. The molecular biology of memory: cAMP, PKA, CRE, CREB-1, CREB-2, and CPEB. *Mol Brain*, **14**, **5**, 14 (2012).
35. Nozdachev A. D., Pal'cev M. A., Polyakov E. L., Maslyukov P. M., Chernysheva M. P. *Nobelevskie laureaty po fiziologii ili medicine*, 884 p. (SPb.: Gumanistika, 2019).
36. Abraham W. C., Jones O. D., Glanzman D. L. Is plasticity of synapses the mechanism of long-term memory storage? *NPJ Sci Learn.*, **4**, **9**. (2019). doi: 10.1038/s41539-019-0048-y. PMID: 31285847.
37. Martin S. J., Grimwood P. D., Morris R. G. M. Synaptic plasticity and memory: an evaluation of the hypothesis, *Annu. Rev. Neurosci.*, **23**, 649 (2000). doi: 10.1146/annurev.neuro.23.1.649.
38. Neves G., Cooke S. F., Bliss T. V. Synaptic plasticity, memory and the hippocampus: a neural network approach to causality, *Nat. Rev. Neurosci.*, **9**, 65 (2008). doi: 10.1038/nrn2303.
39. Rioult-Pedotti M. S., Friedman D., Donoghue J. P. Learning-Induced LTP in Neocortex, *Science*, **290**, 533 (2000). doi: 10.1126/science.290.5491.533.
40. Ryan T. J., Roy D. S., Pignatelli M., Arons A., Tonegawa S. Engram cells retain memory under retrograde amnesia, *Science*, **348**, 1007 (2015). doi: 10.1126/science.aaa5542.
41. Skrebickij V. G., SHaronova I. N. Sovremennye problemy sinapticheskoy plastichnosti, *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noj nevrologii*, **12** (Special'nyj vypusk), 60 (2018).
42. Solari N., Hangya B. Cholinergic modulation of spatial learning, memory and navigation, *Eur J Neurosci*. **48**, **5**, 2199 (2018). DOI: 10.1111/ejn.14089.

УДК 502.2.05:598.2 (282.247.366.2)

## ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ ЛИМНОФИЛЬНЫХ ПТИЦ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЗАПОВЕДНИКЕ «РОСТОВСКИЙ» НА ПРИМЕРЕ ЧЕГРАВЫ (*HYDROPROGNE CASPIA PALL.*)

Тимофеев Ю. В.<sup>1,2,3</sup>, Миноранский В. А.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>Ассоциация «Живая природа степи», Ростов-на-Дону, Россия

<sup>3</sup>Ростовское отделение Русского географического общества, Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: ymal@sfnedu.ru

Обводнение озера Маныч-Гудило в середине XX века положительно повлияло на водный и околоводный комплекс фауны региона. Для сохранения биоразнообразия в 1995 г. создали заповедник «Ростовский». Работа включает данные многолетнего мониторинга лимнофильных птиц в заповеднике. Единственное место гнездования чегравы (*Hydroprogne caspia* L.) на территории заповедника «Ростовский» и его охранной зоны находится на острове Прибрежный. В статье показана динамика изменения мест гнездования, численности лимнофильных птиц на примере чегравы с 1995 г. и рассмотрена зависимость от повышения минерализации озера, сокращения рыбных ресурсов, аридизации и полного или частичного пересыхания степных водоемов, применения пестицидов на соседних с заповедником территориях и иных факторов.

**Ключевые слова:** Озеро Маныч-Гудило, заповедник «Ростовский», экологические факторы, количество, гнезда, чеграва, лимнофильные птицы.

### ВВЕДЕНИЕ

Строительство Невинномысского канала и обводнение р. Западный Маныч привело в 1948–1954 гг. к формированию современного облика оз. Маныч-Гудило (далее оз. М.-Г.) и положительно повлияло на его орнитофауну [1–3]. На озере возросли состав и численность птиц лимнофильного комплекса во время миграций, кочевок и размножения. Гнездящиеся здесь розовый (*Pelecanus onocrotalus* L.) и кудрявый (*P. crispus* Bruch) пеликаны, степная тиркушка (*Glareola nordmanni* Fisch.-Wald.), морской зуек (*Charadrius alexandrinus* L.), ходулочник (*Himantopus himantopus* L.), шилоклювка (*Recurvirostra avocetta* L.), черноголовый хохотун (*Larus ichthyaetus* Pall.), малая крачка (*Sterna albifrons* Pall.) и другие виды птиц [4, 5], позднее были включены в Красные книги [6–10]. Постановлением Правительства РФ (№ 1050 от 13.09.94 г.) Россия присоединилась к международной конвенции по охране водно-болотных угодий (ВБУ), имеющих важное международное значение [11], главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц. Статус ВБУ международного значения получили 35 угодий нашей страны, включая оз. М.-Г. [12, 13].

Для сохранения биоразнообразия в р-не оз. М.-Г. на его ростовском участке в 1995 г. организовали заповедник «Ростовский», а на калмыцком – в 1996 г. создали

орнитологический филиал заповедника «Черные земли». Эта деятельность оказала большое влияние на сохранение биоразнообразия региона [2]. За время существования ВБУ «Оз. М.-Г.» и заповедников под влиянием природных и антропогенных факторов экологическая ситуация претерпела глубокие изменения [14, 15]. Современное биоразнообразие заповедника «Ростовский» отличается от такового в XX в., а по ряду показателей и в начале XXI в. [16–18]. Наиболее чувствительным к изменениям гидрохимического и иных режимов водоёмов, как отмечает И. Б. Шаповалова, является лимнофильный комплекс птиц [19].

Обследуя рассматриваемую территорию, мы использовали о-в Прибрежный (Заливной), находящийся в охранной зоне заповедника, в качестве модельного участка для выяснения биологических особенностей, состава, количества и мониторинга лимнофильных видов птиц. Для установления изменений, происходящих в экосистемах и комплексе размножающихся пернатых, авторами проведен анализ многолетних исследований видов, занесенных в Красные книги [6–10]. Эти виды резко реагируют на экологические изменения в природе и являются индикаторами состояния экосистемы. В настоящей работе приводятся сведения о птицах острова и, прежде всего, о чеграве (*Hydroprogne caspia* Pall.), как одном из немногочисленных и недостаточно изученных на оз. М.-Г. видов.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

О-в Прибрежный в заповеднике «Ростовский» является одним из наиболее важных для лимнофильного комплекса птиц. Здесь находится самая крупная их поливидовая колония. Расположен остров на ростовском участке оз. М.-Г. в 200–300 м от материкового берега. В 90-е годы о-в Прибрежный занимал площадь 2–3 га. В 2 км от него имеется охотничья станция и на протяжении длительного периода на о-ве охотились на водоплавающую дичь. Включение этого о-ва в 2000 г. в охранную зону заповедника, запрещение охоты и ограничение посещения его людьми положительно отразилось на гнездящихся птицах. В I-е десятилетие XXI в. здесь постоянно размножались большой баклан (*Phalacrocorax carbo* L.), малая белая (*Egretta garzetta* L.) и серая (*Ardea cinerea* L.) цапли, колпица (*Platalea leucorodia* L.), чайка хохотунья (*Larus cachinnans* Pall.). Периодически гнездились кудрявый пеликан, серая утка (*Anas streperes* L.), серый гусь (*Anser anser* L.) и иные виды [3, 16, 17]. Количество птиц на о-ве возросло до 2006 г. Происходящие в районе о-ва и всего заповедника экологические изменения отражались на изменениях в населении животных, в том числе и лимнофильном комплексе птиц. Особенно заметно это стало в последние десятилетия.

Наши наблюдения в районе оз. М.-Г., в том числе и на территории современного заповедника, ведутся с середины XX в. [4, 5]. Участвуя в создании заповедника и организации его деятельности, мы продолжили в нем работы по мониторингу экологической ситуации и животного населения [2, 14–18]. О-в Прибрежный стал одной из мониторинговых площадок. Периодические наблюдения на о-ве велись ежегодно в разные сезоны. Обязательными были учеты гнезд всех видов, включая чеграву, в конце апреля – начале мая, а в последнее десятилетие – в течение всего апреля, мая и июня. В это время вся территория о-ва Прибрежный

распределена между птицами, и в гнездах большинства видов находятся яйца, птенцы. На о-ве применялись абсолютные учеты гнезд путем визуальных наблюдений, инструментальным методом с использованием биноклей БПЦ 10x50, подзорной трубы, цифрового фотоаппарата. Границы о-ва определялись с помощью GPS-трекера и Google Earth (рис. 1).



Рис. 1. Границы о-ва Прибрежный (Заливной) и места гнездования чегравы.

По мере становления заповедника он стал центром зоологических исследований сотрудников самого заповедника и зоологов различных региональных и федеральных структур. Результаты их наблюдений частично освещены в ряде статей, в Летописях природы и сборниках заповедника [2, 3, 16, 17, 20–22, др.]. Для выяснения изменений, происходящих в экосистемах и комплексе размножающихся пернатых лимнофильного комплекса и, прежде всего, чегравы, авторами были обобщены результаты собственных исследований, проведен анализ опубликованных материалов. Мы благодарны директорам А. В. Чекину, Л. В. Клец и другим сотрудникам заповедника, Ассоциации «Живая природа степи», иным специалистам за помощь в сборе материала, консультации при анализе и обработке данных по чеграве, иным видам.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Чеграва – самая крупная в степной зоне крачка. Обитает на всех материках, кроме Южной Америки и Антарктиды, но везде гнездовый ареал имеет мозаичный характер. Для размножения она выбирает соленые водоемы, гнездится на удаленных от берега изолированных от наземных хищников о-вах, где обычно размножаются и другие птицы. Её колонии расположены на относительно ровных, в значительной степени или полностью лишенных растений участках и включают от нескольких штук до нескольких сотен гнезд. Многие о-ва на оз. М.-Г. подходят к характерным местам гнездования этого вида. Однако он остается на озере относительно немногочисленной птицей [6–10]. В заповеднике «Ростовский» чеграва – редкий гнездящийся вид. Размножение её на оз. М.-Г. впервые отмечено 4.06.1960 г., когда на одном из о-вов калмыцкого участка озера в колониях с чайкой обыкновенной (*Larus ridibundus* L.) и речной крачкой (*Sterna hirundo* L.) было найдено несколько её гнезд [4]. На о-ве, названном А.И. Кукишем о-вом Пеликаний (наше название о-в Чегравы) на калмыцком участке оз. М.-Г., 1-2.06.1996 г. учтена поливидовая колония чегравы с 96 гнездами. Рядом с чегравой на этом острове гнездилась хохотунья (150 пуховичков и оперившихся птенцов), имелись две субколонии розового пеликана (*Pelecanus onocrotalus* L.) (192 и 98 гнезд с яйцами и 1–8-дневными птенцами) и гнездо с 6 яйцами серого гуся [23]. К началу II-го десятилетия XXI в. всего на оз. М.-Г. гнездились около 250-300 пар этого вида [6].

На современной территории заповедника чеграва начала гнездиться в 2016 г. на о-ве Прибрежный [21], и это единственное место её размножения в заповеднике. На других о-вах, прудах, речках она здесь не гнездится. Ближайшим участком размножения этой крачки был отмеченный выше о-в Чегравы, находящийся около охранной зоны заповедника «Ростовский». Можно предположить, что чеграва расселилась на Прибрежный с отмеченного острова. Результаты учета количества гнезд чегравы в этой колонии по нашим наблюдениям в конце апреля – начале мая приведены на рис. 2.

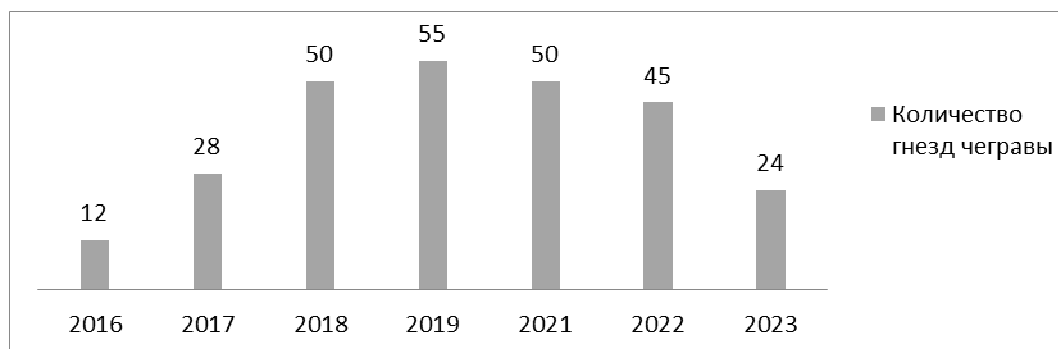


Рис. 2. Количество гнезд чегравы на о-ве Прибрежный в 2016–2023 гг.

С первых лет её колония на о-ве занимала небольшую плотную, четко ограниченную территорию, окруженную (от нескольких метров и более) гнездами

черноголового хохотуна, хохотуни, большого баклана, колпицы, других птиц. Её гнезда находились на расстоянии 0,4–1,0 м друг от друга и представляли небольшую ямку, в которой изредка встречались стебли травы; очень редко отмечались несколько возвышающиеся над поверхностью почвы гнезда с подстилкой из сухой травы. Крачки активно защищают гнездо от сородичей, чаек и иных птиц. Вместе с некоторыми другими видами птиц поливидовой колонии они поднимаются в воздух для защиты гнезд от залетающих пернатых хищников.

Весной чеграва появляется в местах размножения поздно, в конце апреля – мае, когда пригодные для её гнездования о-ва и участки уже заняты гнездами прилетающих в более ранние сроки чаек и иных птиц. Это является одной из причин растянутости сроков строительства гнезд, откладки яиц, и появления птенцов. Отмеченный выше о-в Чегравы на калмыцком участке озера, имел длину 110 м, наибольшую ширину – 20 м. По нашим наблюдениям 19.05.2005 г., на возвышенном центральном его участке было 49 гнезд розового пеликана с 1–4 яйцами и не более, чем в 10 м от них, колония чегравы с 71 гнездом. По периферии о-ва находились 11 гнезд чайки хохотуни с 1–2 дневными птенцами (во многих десятках других гнезд птенцы их покинули) [24]. Посещение острова 21–22.05.2005 г. посторонними людьми, вероятно, охотниками, привело к исчезновению колонии пеликанов и оставлению гнезд хохотуньей. Освобожденная территория стала активно заниматься новыми прилетающими особями чегравы, и к 26.06.2005 г. они занимали почти весь о-в (отмечено 195 её гнезд). Основная масса гнезд представляла небольшое голое углубление в грунте, в некоторых встречались редкие стебельки сухой травы, лишь 12 гнезд имели возвышающуюся над поверхностью почвы, довольно плотную, подстилку из стеблей травы. В 63 гнездах было по 1, в 77 – по 2, в 5 – по 3 яйца, в 20 находились 1-2-дневные птенцы, в 8 – 3-5-дневные птенцы (часть ушла в воду). Гнезда с 2-3 яйцами и птенцами располагались в центральной части о-ва, а с 1 яйцом – по периферии. По-видимому, первыми приступают к гнездованию более взрослые особи, прилетающие раньше и участвующие в размножении не первый год. Именно в 1-й «волне гнездования» на о-ве наблюдались гнезда с наибольшим количеством яиц в кладках и птенцы [24]. К 26.06.2005 г. птенцы из этих гнезд могли уже покинуть о-в или уплыть от него при беспокойстве на значительное расстояние. Неодновременность гнездования проявилась и во «второй волне» откладки яиц, что подтверждается большим количеством яиц в кладках в районе возвышенной части о-ва по сравнению с его периферией. Значительная часть крачек приступила к размножению с некоторым опозданием, когда центральная часть о-ва была уже занята птицами, и разместила гнезда по периферии основной колонии [24].

Из хищников несколько раз на о-ве Прибрежном отмечалась лисица (*Vulpes vulpes* L.), которая в холодный период года иногда прикидала по льду на о-в и оставалась здесь до времени размножения птиц. Вероятно, активная защита гнезд многочисленными чайками, нападающими на хищников, в конечном итоге, приводит их к гибели. Мертвые лисицы обнаружены нами в 2012 г. и 2023 г. Пернатых хищников также отгоняют чайки. Мы неоднократно отмечали атаки сотен особей хохотуни и других птиц, подлетающих к колонии болотного луня (*Circus*



*aeruginosus* L.) и иных хищников. Пролетающего в р-не о-ва 1.05.2008 г. степного орла (*Aquila rapax* Temm.) они загнали в воду и убили.

Аридизация климата совместно с антропогенной деградацией засушливых земель [25] оказали сильное влияние на водность в р-не оз. М.-Г. [26]. Уровень воды в нем за время существования заповедника снизился, что привело к увеличению площади имеющихся на озере островов, появлению многих новых, в том числе и удаленных от коренных берегов. По сравнению с 90-ми годами XX в. в районе заповедника вода отступила от берегов на 100-250 м, и образовалось много новых кос, мелей и о-вов. В 90-е годы о-в Прибрежный занимал площадь 2-3 га, а в 2022 г., по нашим данным, она составила 24,71 га (длина 1,21 км, ширина в самом широком месте 0,47 км) (рис. 1). Количество удобных мест на оз. М.-Г. для гнездования лимнофилов сильно возросло. Однако значительного увеличения численности многих лимнофильных птиц, включая чеграву, не произошло. В последние годы количество птиц в поливидовой колонии на о-ве Прибрежный сократилась. В 2023 г. резко уменьшилось число гнезд чайки хохотуньи, сократилось их количество у черноголового хохотуна и некоторых других. В результате на о-ве имелись значительные территории, не занятые гнездами птиц. В рассматриваемой колонии чегравы уже 29 апреля было отмечено 24 её гнезда с кладками яиц. Зам. директора по науке заповедника А. Д. Липкович (личное сообщение) в середине июня на этом о-ве наблюдал новую колонию чегравы из 60 гнезд, в большинстве из которых находились яйца, а в некоторых уже появились пуховые птенцы. Несмотря на наличие подходящих для размножения рассматриваемого вида территорий, заметного увеличения его количества в заповеднике не отмечено, и чеграва остается на о-ве малочисленным, а в заповеднике редким видом.

Аридизация климата в районе заповедника стала заметно проявляться с 2007 г. [27] и начала влиять на сроки весеннего прилета и гнездования птиц. После 2007 г. в теплые зимы оз. М.-Г. или не замерзало, или покрывалось слоем льда на короткий период. Это привело к более раннему весеннему прилету ряда птиц в места размножения. Так, в теплые зимы 2018/2019 гг. и 2019/2020 гг. водоемы не замерзали, весь февраль на М.-Г. было много хохотуний и иных птиц. Уже в III декаде февраля – I декаде марта мы дистанционно на о-ве Прибрежном наблюдали брачные игры, спаривание, ремонт старых гнезд кудрявого пеликана, большого баклана, хохотуньи около прошлогодних гнезд [28]. А. Д. Липкович отмечал насиживающих яйца кудрявых пеликанов 23.02.2019 г. и 29.02.2020 г. [22]. Потепление климата отразилось и на сроках начала размножения чегравы. Если в прошлом её гнезда с яйцами отмечались в мае-июне, то в последние годы наблюдаются уже с апреля. Так, в 2023 г. на о-ве её 24 гнезда с кладкой 1,2 и реже 3 яйца были нами учтены уже 29 апреля. Важным фактором, оказавшим влияние на комплекс лимнофильных птиц, является возрастание минерализации воды в озере. В р-не пос. Маныч она составляла в 1953 г. – 12,98 г/л [29], в 2000 г. – 24–30, а в настоящее время достигает 40–50 ‰ и выше. Богатое в 50-е годы рыбными ресурсами озеро [29] с годами теряло их, как и тростниковые заросли. Засоление вело к коренной перестройке его водной биоты. В XXI в. наблюдалось полное высыхание (пруды Крутик, Бубашовский, Чекина, др.) или сильное пересыхание

(лиманы Курников и Горький, пруды Круглый, Колесникова и т.д.) многих водоемов, исчезновение околоводных и водных растений, гидро- и гигрофильных животных. Произошла глубокая перестройка лимнофильного и других комплексов птиц, всего биоразнообразия [15, 18]. Это оказало влияние на питающихся водными организмами, включая рыбу, птиц. Данный фактор оказал большое влияние на желтую цаплю (*Ardeola ralloides* Scop.), белоглазого нырка (*Aythya nyroca* Guld.), савку (*Oxyura leucocephala* Scop.), луговую тиркушку (*Glareola pratincola* L.), малую крачку и ряд других птиц, размножение которых в районе заповедника в наше время не наблюдается. Вероятно, исчез морской зук, гнезда которого здесь в последние годы не отмечали. Значительно сократилось количество размножающихся особей серого гуся, серой утки, ходулочника, шилоклювки, степной тиркушки и некоторых иных птиц. Снизилась численность останавливающихся на длительный срок в районе заповедника серого и белолобого (*Anser albifrons* Scop.) гусей, краснозобой казарки (*Rufibrenta ruficollis* Pall.), серой утки, красноголового (*Aythya ferina* L.) и красноногого (*Netta rufina* Pall.) нырков, других околоводных птиц. Некоторые виды, размножающиеся на о-ве Прибрежный (пеликаны, бакланы, черноголовый хохотун, др.), различным образом адаптировались к этим экологическим условиям и поддерживают гнездовые группировки [28]. Так, по нашим учетам количество гнезд кудрявого пеликана в 2008-2009 гг. (впервые отмечены здесь) было 3 и 8, в 2010–2012 гг. они отсутствовали, в 2013 г. их было 2, в 2014 г. – 6, 2015 г. – 20, в 2016 г. – 10, в 2017 г. – 12, в 2018 г. – 21, в 2019 г. – 60, в 2020 г. – 64, в 2021 г. – 84, в 2022 г. – 85, в 2023 г. – 40 гнезд. Подобная ситуация отмечена и у черноголового хохотуна, загнездившегося на о-ве в 2010 г. (16 гнезд). В 2011 г. отмечено 70 гнезд, 2012 г. – 150, в 2015 г. – 550, в 2016 г. – 500, в 2017 г. – 540, в 2018 г. – 540, в 2019 г. – 800, в 2021 г. – 850, в 2022 г. – 900, в 2023 г. – 626.

Чеграва, как отмечают многие исследователи, питается почти исключительно рыбой 15–20, иногда 30 см длиной, гораздо реже – водными беспозвоночными; по-видимому, иногда она способна поедать и наземных насекомых [6–10, 30]. За кормом крачки способны улетать на расстояние до 30 км и больше от гнездовой колонии. Нами в её колониях отмечены целые особи и остатки колюшки (*Gasterjsteus aculeatus* L.), красноперки (*Scardinius erythrophthalmus* L.), серебряного карася (*Carassius gibelio* Bloch.), тарани (*Rutilus rutilus* L.), густеры (*Blicca bjoerkna* L.) размерами от 5 до 20 см [24]. Сильное засоление оз. М.-Г. и практически полное исчезновение в нем рыбы в последние десятилетия, высыхание или сильное пересыхание многих водоемов негативно отразилось на кормовой базе чегравы. Это, вероятно, один из факторов, сдерживающих увеличение её численности, которая остается небольшой, несмотря на расширение площади пригодных для размножения участков. Далекие ежедневные перелеты птиц на водоемы с рыбой (Лысянский пруд, Баранниковская дамба, др.), особенно в период гнездования, энергетически затратные.

В XXI в. степь за пределами заповедника стала интенсивно использоваться для выращивания сельскохозяйственных культур и пастбищного животноводства, что ведет к распашке необрабатываемых земель, активному выпасу (порой к перевыпасу) сельскохозяйственных животных. В последнее десятилетие здесь резко

возросло количество применяемых пестицидов для борьбы с грызунами, саранчой, сорняками и иными вредными организмами. Для уничтожения часто размножающейся в большом количестве общественной полевки (*Microtus socialis* Pall.) в р-не оз. М.-Г., игнорируя сельскохозяйственные и природоохранные нормативы применения пестицидов и нарушая технологии их внесения, весной за пределами заповедника широко используются родентициды. Употребляя в пищу отравленные приманки, обработанные ядами растения, погибших от них животных, многие птицы погибают сами и отравляют этим кормом птенцов. Это приводит к гибели кормящихся на полях пролетных птиц, включая редких и исчезающих (малого лебедя – *Cygnus bewickii* Yarg., пискульку – *Anser erythropus* L., серого журавля – *Grus grus* L. и т.д.). Прилетают сюда за кормом некоторые гнездящиеся в заповеднике и на о-ве Прибрежный птицы (черноголовый хохотун, чайка хохотунья и др.). Весной 2021 г. нами на о-ве найдены десятки погибших особей хохотуньи и 4 – кудрявого пеликана; в 2022 г. – 48 экз. хохотуна и 605 – хохотуньи. К 29.04.2023 г. в колонии обнаружены трупы: 1 ос. серой цапли, 4 – серого и 3 – белолобого гусей, 1 – пискульки, 7 – хохотуньи, 338 – черноголового хохотуна, 3 – сизой чайки (*Larus canus* L.), 1 – серой утки, 2 – кряквы, 2 – огаря (*Tadorna ferruginea* Pall.), 11 остатков неопределенных птиц. Небольшое количество трупов хохотуньи в 2023 г. связано с резким снижением численности этого вида на острове. Если в 3.05.2021 г. на острове было около 700 её гнезд, то 29.04.2023 г. насчитано не более 20 гнезд. Чайка хохотунья, будучи типичным эврифагом, часто встречается на соседних обработанных полях, питаясь отравленными мелкими грызунами.

Гибели чегравы, в том числе и от пестицидов, на о-ве и за пределами заповедника мы не наблюдали. Вероятно, это связано с питанием рыбой и преимущественно на удаленных водоемах, с поздним прилетом крачки, когда часть пестицидов успевает разложиться. Дирекция заповедника «Ростовский» 19.03.2023 г. передала трупы серого гуся и малого лебедя для анализа в ГБУ РО «Сальская межрайонная СББЖ», территориальный отдел по Орловскому р-ну РО (личное сообщение А. Д. Липковича). Согласно результатам исследований, вирус гриппа птиц А субтипов Н5, Н7, Н9, а также родонтицид бродифакум в пробах не обнаружен.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обводнение оз. Маныч-Гудило и прилегающих степей в середине XX в., организация заповедника «Ростовский» положительно отразились на биоразнообразии региона, и, прежде всего, его лимнофильном комплексе орнитофауны. Повышение минерализации воды в оз. М.-Г., перестройка водных биоценозов и крайнее обеднение рыбных и иных водных ресурсов, аридизация климата, полное или частичное пересыхание прудов, речек и иных водоемов привели к глубокой перестройке в орнитофауне и других комплексах живой природы.

На примере поливидовой колонии птиц, включая чеграву, на о-ве Прибрежный показаны происходящие экологические изменения и адаптации к ним отдельных видов. Пересыхание водоемов и исчезновения мест гнездования привело к поиску

новых территорий и созданию новых плотных поливидовых колоний. Богатое рыбными ресурсами оз. М.-Г. в 1950-х гг. утратило в настоящее время значение для птиц как источник пропитания. Ихтиофаги вынуждены летать за пропитанием на пресноводные водоемы за несколько десятков километров. Действующий природоохранный режим охранной зоны на о-ве Прибрежный с 2000 г. лимитирует фактор беспокойства, что отражается на видовом составе и численности гнездящихся здесь птиц (кудрявого пеликана, большого баклана, серой цапли, колпицы, хохотуньи, черноголового хохотуна и др.). Чеграва начала использовать о-в Прибрежный через 16 лет после его включения в охранную зону.

В связи с поздним прилетом и занятостью мест размножения другими птицами у чегравы период гнездования сильно растянут (до 1 месяца и более). В последнее десятилетие под влиянием потепления климата сроки прилета ряда видов (пеликанов, бакланов, хохотуний и других, включая чеграву) и начало их гнездования наступают раньше. Уменьшение уровня воды в оз. М.-Г. привело к образованию новых островов и увеличению площади имеющихся. Несмотря на увеличение потенциальных мест гнездования на оз. М.-Г., о-в Прибрежный пока остается единственным местом размножения чегравы в заповеднике «Ростовский». Одной из причин её малочисленности, вероятно, являются глубокие изменения в водном режиме водоемов, их биоте.

В последние десятилетия территория в окрестностях заповедника активно используется для сельскохозяйственных целей. Интенсивное применение на полях пестицидов негативно отражается на многих птицах, в том числе и размножающихся в заповеднике, включая о-в Прибрежный. Для сохранения колонии лимнофилов на о-ве Прибрежный, в заповеднике и, в целом, в этом районе, увеличения количества птиц необходимо строгое соблюдение нормативной и законодательной базы ведения сельскохозяйственной деятельности и охраны природы, разработка и принятия новых мер по сохранению биоразнообразия. Целесообразно расширение площади заповедника «Ростовский», введение дополнительных природоориентированных технологий в агроценозах, в охранной зоне и создание буферной зоны в Ремонтненском р-не.

#### Список литературы

1. Миноранский В. А. Уникальные экосистемы: озеро Маньч-Гудило / В. А. Миноранский, Э. Б. Габунщина. – Элиста: АПП «Джангар», 2001. – 239 с.
2. Миноранский В. А. Государственный степной заповедник «Ростовский» / В. А. Миноранский, А. В. Чекин. – Ростов н/Д: Изд-во «ЦВВР», 2003. – 129 с.
3. Миноранский В. А. Птицы озера Маньч-Гудило и прилегающих степей / В. А. Миноранский, А. М. Узденов, Я. Ю. Подгорная. – Ростов н/Д: Изд-во ООО «ЦВВР», 2006. – 332 с.
4. Петров В.С. Летняя орнитофауна озера Маньч-Гудило и прилежащих степей / В. С. Петров, В. А. Миноранский // Орнитология. – М., 1962. – Вып.5. – С. 266–275.
5. Миноранский В.А. Маньч-Гудило / В. А. Миноранский // Природа. – 1963. – № 4. – С. 75–80.
6. Красная книга Республики Калмыкия. 2013. Т. 1. Животные. – Элиста: ЗАОр «НПП «Джангар», 2013. – 200 с.
7. Красная книга Ростовской области. 2004. Т. I. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения животные. – Ростов н/Д: Малыш, 2004. – 364 с.

8. Красная книга Ростовской области. 2014. Т. I. Животные. Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Минприроды Ростовской области, 2014. – 280 с.
9. Красная книга Российской Федерации (Животные). 2001. – М.: АСТ-Астрель, 2001. – 864 с.
10. Красная книга Российской Федерации (животные). 2-ое издание. – М.: ФГБУ «ВНИИ Экология», 2021. – 1128 с.
11. Постановление Правительства РФ от 13 сентября 1994 г. N 1050 "О мерах по обеспечению выполнения обязательств Российской Стороны, вытекающих из Конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местообитаний водоплавающих птиц, от 2 февраля 1971 г." // <http://www.consultant.ru>
12. Водно-болотные угодья России. Т. 1. / под ред. В. Г. Кривенко. – М.: Wetlands International Publication. No 47. 1998. – 256 с.
13. Водно-болотные угодья России. Т. 6. Водно-болотные угодья Сев. Кавказа [под ред. А.Л. Мищенко]. – М.: Wetlands International. 2006. – 316 с.
14. Малиновская Ю.В. Изменения в природе во второй половине XX в.–XXI в. в районе заповедника «Ростовский» и их влияние на биоразнообразии / Ю. В. Малиновская, В. А. Миноранский // Вопросы степеведения. Номер XV. – Оренбург: ИС УрО РАН. 2019. – С. 197-200.
15. Малиновская Ю. В. Трансформация экосистем, разнообразия растений и животных на территории заповедника «Ростовский», их причины / Ю. В. Малиновская, В. А. Миноранский // Матер. XXIII Междунар. науч. конф. с элементами школы для молодых ученых «Влияние изменения климата на биол.разнообразии и распростр. вирусных инфекций в Евразии», посвящ. 90-летию Дагестанского гос. ун-та (г. Махачкала, 15-16 октября 2021г.). – Махачкала: АЛЕФ, 2021. – С. 32–34.
16. Миноранский В.А. Колониальные птицы в районе заповедника «Ростовский» / В. А. Миноранский, Я. Ю. Подгорная //Труды государственного заповедника «Ростовский». Вып. 1. – Ростов н/Д: Изд-во ООО «ЦВВР». 2002. – С. 232–241.
17. Миноранский В. А. Мониторинг размножающихся колониальных лимнофильных птиц в районе Государственного природного биосферного заповедника «Ростовский» за период его существования / В. А. Миноранский, В. И. Даньков, С. В. Толчеева [и др.] / Труды государственного заповедника «Ростовский». Вып. 5. – Ростов н/Д: СКНЦ ВШ ЮФУ. 2012. – С. 255–273.
18. Миноранский В. А. Мониторинг видового состава и численности птиц, включенных в Красные книги, на территории заповедника «Ростовский» до и после его создания / В. А. Миноранский, Ю. В. Малиновская // // Вопросы степеведения. Номер XV. – Оренбург: ИС УрО РАН. 2019. – С. 209–212.
19. Шаповалова И. Б. Методы оценки состояния прибрежных орнитокомплексов на примере искусственных водоемов сухостепной зоны юга России (Республика Калмыкия) / И. Б. Шаповалова // Аридные экосистемы. – 2018. – Т. 24, № 4 (77). – С. 58–65.
20. Липкович А. Д. Аннотированный список птиц государственного природного биосферного заповедника «Ростовский», его охранной зоны и сопредельных территорий / А. Д. Липкович, А. Е. Брагин // Тр. Гос. прир. биосф. запов. «Ростовский». Вып.5: Биоразнообразии долины Зап. Маныча. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ. – 2012. – С. 189–231.
21. Тихонов А.В. Динамика численности гнездящихся птиц на острове Прибрежный озера Маныч-Гудило в заповеднике «Ростовский» / А. В. Тихонов, В. А. Миноранский, Ю. В. Малиновская [и др.] // Биол. разнообразии: изучение, сохранение, восстан., рацион. использование: Матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Керчь, 19-23 сентября 2018 г.). – Симферополь ИТ «АРИАЛ», 2018. – С. 132–136.
22. Липкович А. Д. Многолетняя динамика численности некоторых редких гнездящихся птиц заповедника «Ростовский» и его охранной зоны / А. Д. Липкович // Тр. Гос. прир. биосф. запов. «Ростовский». Вып.7: Сохранение и изучение степных экосистем Евразии и их компонентов. – Ростов н/Д: Изд-во ООО «Фонд науки и образования». 2020. – С.130–138.
23. Кукиш А. И. Чеграва и розовый пеликан на озере Маныч-Гудило / А. И. Кукиш // Кавказ. орнитол. вестник. Вып. 9. – Ставрополь. 1997. – С. 89–91.
24. Миноранский В. А. Чеграва (*Hydroprogne caspia* Pallas, 1770) на озере Маныч-Гудило / В. А. Миноранский, А. Д. Липкович, Н. О.Морозова // Роль особо охр. природ. территорий в сохранении биоразнообразии: Мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 10-летию гос.

- природ. запов. «Ростовский» (пос. Орловский Ростовской обл., 26 – 28 апреля 2006 г.). – Ростов н/Д: Изд-во Ростов. ун-та, 2006. – С. 303–306.
25. Куст Г. С. Нейтральный баланс деградации земель – современный подход к исследованию засушливых регионов на национальном уровне / Г. С. Куст, О. В. Андреева, В. А. Лобковский // Аридные экосистемы. – 2020. – Т.26, № 2 (83). – С. 3–9.
  26. Тимофеев Ю. В. Мониторинг редких и исчезающих наземных позвоночных в заповеднике "Ростовский" и его охранной зоне : специальность 15.15.00 : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Тимофеев Юлия Валерьевна, 2022. – 223 с.
  27. Миноранский В. А. Влияние погодных условий 2007 г. на животных в районе озера Маньч-Гудило / В. А. Миноранский // Актуальные вопр. экол.и охр. природы экосистем южн. регионов России и сопред. террит.: Матер. XXI Межресп. науч-практ. конф. (Краснодар, 21 мая, 2008 г.). – Краснодар, 2008. – С. 99–101.
  28. Малиновская Ю. В. Количество размножающихся на территории заповедника "Ростовский" пеликанов (Pelecanidae) и причины колебаний численности / Ю. В. Малиновская, В. А. Миноранский, С. И. Колесников // Аридные экосистемы. – 2021. – Т. 27, № 4(89). – С. 86–92.
  29. Круглова В. М. Пролетарское водохранилище / В. М. Круглова. – Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1972. – 180 с.
  30. Птицы СССР. Чайковые. – М.: Наука, 1988. – 416 с.

## LIMNOPHILOUS BIRD SPECIES REPRODUCTION DEPENDENCE OF ECOLOGICAL FACTORS IN THE “ROSTOVSKIY” BIOSPHERE RESERVE ON THE EXAMPLE OF CASPIAN TERN (HYDROPROGNE CASPIA PALL.)

Timofeenko Y. V.<sup>1,2,3</sup>, Minoransky V. A.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

<sup>2</sup>Wildlife of the Steppe Association, Rostov-on-Don, Russia

<sup>3</sup>Rostov Russian Geographical Society, Rostov-on-Don, Russia

E-mail: ymal@sfedu.ru

Watering of the Manych-Gudilo lake in the middle of the XX century positively affected on aquatic and near-water fauna complexes. The 'Rostovskiy' reserve was created in 1995 with the aim of conserving biodiversity. In the paper presents quantitative data of nesting in the reserve caspian tern individuals (*Hydroprogne caspia* L.). There was observed the relation between different ecological factors that may effect on reproduction activity of caspian tern such as: the lake water mineralization increase, fish resources reduction, climate aridization, partial and full drying out of small steppe lakes, pesticide use on farmlands near to the reserve area.

**Materials and methods.** Since the mid-20th century, the authors have conducted in situ ornithological monitoring in the Manych-Gudilo lake area, including the current territory of the reserve. The Pribrezhnyi island is one of the most important sites for the complex of limnophilous bird species in the reserve territory. The island become one of the monitoring points. Absolute accounting of bird nests has been implemented by the authors.

**Results.** The results of the long-term limnophilous bird species on the example of caspian tern monitoring on the Pribrezhnyi island presents in the paper.

**Conclusion.** The ecological changes and species' adaptations shown on the example of the Pribrezhnyi island multispecies bird colony including *Hydroprogne caspia* Pall. The one of reasons of the colony smallness presumably is a deep change inside the water regime and biota of the lake. It is advisable to expand the "Rostovskiy" reserve territory and create buffer zone in the Remontnenskiy district. It is also appropriate to implement environmentally-friendly agriculture technologies in the special protected zone of the reserve

**Keywords:** Manych-Gudilo lake, "Rostovskiy" reserve, ecological factors, quantity, nests, Caspian Tern, limnophilous birds.

### References

1. Minoransky V. A., Gabunshchyna E. B. *Unique ecosystems: Lake Manych-Gudilo* p. 239 (2001)
2. Minoransky V. A., Chekin A. V. *State Steppe Reserve "Rostov"*, p. 129 (Publishing house "CVVR", Rostov, 2003)
3. Minoransky V. A., Uzdenov A. M., Podgornaya Ya. Yu. *Birds of Lake Manych-Gudilo and adjacent steppes*. p. 332 (Publishing house of LLC "CVVR", Rostov, 2006)
4. Petrov V. S., Minoransky V. A. Summer avifauna of Lake Manych-Gudilo and adjacent steppes, *Ornithology*, **5**, p. 266 (1962)
5. Minoransky V.A. Manych-Gudilo, *Nature*, **4**, 75 (1963)
6. Red Book of the Republic of Kalmykia, p. 200 ( ZAO "NPP "Dzhangar", Elista, 2013)
7. *The Red Book of the Rostov region*. T. I. Rare and endangered animals. p. 364 (Malysh, Rostov, 2004.)
8. *The Red Book of the Rostov region*. 2014. T. I. Animals, p. 280 (Ministry of Natural Resources of the Rostov region, Rostov, 2014)
9. *The Red Book of the Russian Federation* (animals). 2001, p. 864 (AST-Astrel, Moscow, 2001)
10. *The Red Book of the Russian Federation* (animals). 2nd edition, p. 1128 (FSBI "VNII Ekologiya", Moscow, 2021)
11. Decree of the Government of the Russian Federation No. 1050 of September 13, 1994 "On measures to ensure the fulfillment of the obligations of the Russian Side arising from the Convention on Wetlands of International Importance Mainly as Habitats of Waterfowl, dated February 2, 1971". URL <http://www.consultant.ru>
12. Wetlands of Russia. Vol. 1., p. 256 (Wetlands International Publication, Moscow, 1998)
13. Wetlands of Russia. Vol. 6., Wetlands of the North. Caucasus, p. 316 (Wetlands International Publication, Moscow, 2006)
14. Malinovskaya Yu. V., Minoransky V. A. Changes in nature in the second half of the XX century–XXI century in the area of the reserve "Rostovskiy" and their impact on biodiversity, *Questions of steppe studies*, **15**, 197 (2019)
15. Malinovskaya Yu. V., Minoransky V. A. Transformation of ecosystems, diversity of plants and animals on the territory of the Rostov Nature Reserve, their causes. *XXIII International Scientific Conference with elements of a school for young scientists "The influence of climate change on biol.diversity and spread. viral infections in Eurasia"* (ALEPH, Makhachkala, 2021), p. 32-34.
16. Minoransky V. A., Podgornaya Ya. Yu. Colonial birds in the area of the reserve "Rostovskiy", *Materials of the Rostovsky State Nature Reserve*, **1**, 232 (2002).
17. Minoransky V. A., Dankov V. I., Tolcheeva S. V., Tikhonov A. V. Monitoring of breeding colonial limnophilic birds in the area of the State Natural Biosphere Reserve "Rostov" for the period of its existence, *Materials of the Rostovsky State Nature Reserve*, **5**, 255 (2012)
18. Minoransky V. A., Malinovskaya Yu. V. Monitoring of the species composition and abundance of birds included in the Red Books on the territory of the Rostov Reserve before and after its creation, *Questions of steppe studies*, **15**, p. 209 (2019)
19. Shapovalova I. B. Methods of assessing the state of coastal ornithocomplexes on the example of artificial reservoirs of the dry-steppe zone of southern Russia (Republic of Kalmykia), *Arid ecosystems*, **24**, 58 (2018)

20. Lipkovich A. D., Bragin A. E. Annotated list of birds of the Rostov State Natural Biosphere Reserve, its protected zone and adjacent territories, *Materials of the Rostovsky State Nature Reserve*, 5., p.189 (2012)
21. Tikhonov A. V., Minoransky V. A., Malinovskaya Yu. V., Kilyakova V. S. Dynamics of the number of nesting birds on the Coastal island of Lake Manych-Gudilo in the Rostov Nature Reserve. *Biologist. diversity: study, conservation, recovery: International Scientific and Practical Conference (ARIAL, Simferopol* , 2018), p. 132-136.
22. Lipkovich A. D. Long-term dynamics of the number of some rare breeding birds of the Rostov Nature Reserve and its protected zone, *Materials of the Rostovsky State Nature Reserve*, 7, p.130 (2020).
23. Kukish A. I. Caspian tern and the pink pelican on Lake Manych-Gudilo, *Kavkaz. ornithol. herald.*, 9, 89 (1997)
24. Minoransky V. A., Lipkovich A. D., Morozova N. O. Caspian tern (*Hydroprogne caspia* Pallas, 1770) on Lake Manych-Gudilo. *The role of especially ochre nature. Territories in the conservation of biodiversity: International scientific and practical conference dedicated to the 10th anniversary of the State Nature.* (Publishing House of Rostov University, Rostov on Don, 2006), p. 303-306.
25. Kust G. S., Andreeva O. V., Lobkovsky V. A. Neutral balance of land degradation – a modern approach to the study of arid regions at the national level, *Arid ecosystems*, 26, 2 (83), 3 (2020)
26. Timofeenko Yu. V. *Monitoring of rare and endangered terrestrial vertebrates in the Rostov Nature Reserve and its conservation zone*, p. 26 (Rostov-on-Don, 2022)
27. Minoransky V. A. The influence of weather conditions in 2007 on animals in the area of Lake Manych-Gudilo. *Topical issues of ecology and nature protection of ecosystems of the southern regions of Russia : Materials of the XXI scientific and practical conference*, p. 99
28. Malinovskaya Yu. V., Minoransky V. A., Kolesnikov S. I. The number of pelicans (*Pelecanidae*) breeding on the territory of the Rostov Reserve and the causes of fluctuations in the number, *Arid ecosystems*, 27, 4 (89), 86 (2021)
29. Kruglova V. M. *Proletarian reservoir*, p. 180 (Publishing house of Growth. un-ta, Rostov, 1972)
30. *Birds of the USSR*. Chaikovye. p. 416 (Nauka, M., 1988)



**УДК 591.473.3: 577.175.53**

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СРОЧНЫХ И ДОЛГОВРЕМЕННЫХ  
ЭФФЕКТОВ ЕСТЕСТВЕННОГО И СИНТЕТИЧЕСКОГО  
ГЛЮКОКОРТИКОИДОВ НА ПЕРИФЕРИЧЕСКОЕ ЗВЕНО НЕРВНО-  
МЫШЕЧНОГО АППАРАТА КРЫС**

*Труш В. В.<sup>1</sup>, Соколев В. И.<sup>2</sup>, Попов М. Н.<sup>2</sup>, Бондаренко Н. Н.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный университет», Донецк, ДНР, Россия*

<sup>2</sup>*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Ялта, Республика Крым, Россия*

<sup>3</sup>*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького», Донецк, ДНР, Россия*

*E-mail: ver.trush@yandex.ru*

В экспериментах на крысах установлено, что эффекты экзогенных ГК на периферическое звено нервно-мышечного аппарата характеризуются определенными особенностями, зависимыми как от длительности их введения, так и от типа стероида. Положительное эрготропное действие на *m. tibialis anterior* крыс, проявляющееся в увеличении объема внешней работы и мощности сокращения, оказывает гидрокортизон (50 мг/кг; спустя 1 час после введения) на фоне укорочения периода максимальной работоспособности мышцы, через сутки после его введения наблюдается повышение устойчивости мышцы к утомлению на фоне нормализации эргометрических параметров. Дексаметазон (2 мг/кг) вызывает уменьшение максимальной работоспособности мышцы и КПД мышечной работы. Длительное введение гидрокортизона (30 суток, 3 мг/кг/сутки) приводит к существенному ухудшению сократительных и энергетических параметров мышцы, снижению возбудимости нервно-мышечного аппарата, объема внешней работы и надежности синаптической передачи, но при этом увеличению устойчивости мышцы к утомлению. Субхроническое введение дексаметазона (20 – 60 дней; 0,25 мг/кг, 1 раз в 2-е суток) вызывает ухудшение не только эргометрических и энергетических параметров скелетной мышцы, но и ее устойчивости к утомлению.

**Ключевые слова:** глюкокортикоиды, гидрокортизон, дексаметазон, скелетная мышца, крысы.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Глюкокортикоиды (ГК) и особенно гораздо более активные их фторсодержащие синтетические аналоги, несмотря на большое разнообразие побочных эффектов, по сей день остаются наиболее эффективными противовоспалительными средствами [1]. Вместе с тем, несмотря на полезные терапевтические эффекты, ГК в дозах, в десятки раз превышающих естественные физиологические их концентрации в организме, оказывают и негативное влияние на ряд его структур, в том числе опорно-двигательный аппарат [2].

Несмотря на достаточно хорошую изученность молекулярных механизмов действия ГК, срочные и долговременные их эффекты на нервно-мышечный аппарат остаются предметом дискуссии. Так, в начале века сформировалось представление о том, что однократно вводимые близкие к физиологическим и умеренно повышенные дозы ГК, аналогичные таковым при остром стрессе, оказывают позитивное влияние на функциональное состояние нервно-мышечных синапсов и самих скелетных мышечных волокон, в отличие от повреждающих их эффектов при естественном или ятрогенном гиперкортицизме. Выявлено положительное эрготропное действие ГК (дексаметазон, 8 мг/сутки для человека), проявляющееся в увеличении абсолютной силы сокращения латеральной мышцы бедра, после сравнительно непродолжительного (недельного) их введения в организм, несмотря на снижение возбудимости мышечных волокон [3].

В то же время более поздними исследованиями [4] установлено, что высокие дозы ГК, как кратковременно, так и длительно действующие на нервно-мышечный аппарат, вызывают блокирование холинорецепторов и ослабление синаптической передачи, что, в целом, негативно сказывается на функциональном состоянии скелетных мышц. Кроме того, обнаружена способность ГК, действуя негеномным путем, вызывать апоптоз мышечных волокон [5], а в клинической практике выявлены казуистические случаи острой стероидной миопатии даже после однократного приема ГК в относительно небольших дозах [6]. Известно также, что разные синтетические ГК (дексаметазон, метилпреднизолон, дефлазакорт) несколько отличаются характером влияния на скелетные мышцы, который зависит от типа мышечных волокон и доз ГК [7].

Целью настоящей работы явилось исследование срочных и долговременных эффектов естественного (гидрокортизона) и синтетического (дексаметазона) ГК на функциональное состояние периферического звена нервно-мышечного аппарата крыс.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Все эксперименты выполнены в соответствии с «Руководством по уходу и использованию лабораторных животных» (публикация Национального института здоровья № 85-23, США) и «Руководством по проведению доклинических исследований лекарственных средств» [8].

Исследования проводились на 140 половозрелых молодых крысах-самках (виварий Республиканского лабораторного центра санитарно-эпидемиологической службы, г. Донецк) с исходной массой тела 195–205 г (возраст 18 недель на момент начала экспериментальных воздействий) в три этапа.

На *первом этапе* на 50 половозрелых крысах-самках оценивали эффекты однократных доз гидрокортизона и дексаметазона на периферическое звено нервно-мышечной системы. Животные были разделены на 5 групп (n=10 в каждой) – контрольную и 4 опытных. Животным I и II опытных групп вводили внутривентриально синтетический аналог ГК дексаметазон в дозе 2 мг/кг за 1 час (ДМ-группа, 1h) и за 24 часа (ДМ-группа, 24h) до острого опыта соответственно. Крысам III и IV опытных групп вводили внутривентриально природный ГК гидрокортизон в дозе 50 мг/кг за 1 час (Г-группа, 1h) и за 24 часа (Г-группа, 24h) до

острого опыта соответственно.

На *втором этапе* изучали эффекты длительно вводимого гидрокортизона на электрофизиологические, сократительные и энергетические параметры *m. tibialis anterior*. Для этого были сформированы 2 группы животных: контрольная (n=10) и опытная (n=10), особи которой подвергались введению гидрокортизона в дозе 3 мг/кг/сутки, на протяжении 30 дней (30Г-группа).

На *третьем этапе* исследовали влияние дексаметазона на энергетические параметры *m. tibialis anterior* в динамике 2-месячного периода его введения в организм. Для этого были первоначально сформированы 2 группы особей: контрольная (n=10) и опытная (n=60), подвергавшаяся введению дексаметазона на протяжении от 10 до 60 дней (ДМ-группа). При этом для длительного введения дексаметазон применяли в дозе 0,25 мг/кг, внутривенно, 1 раз в 2-е суток. В последующем в пределах ДМ-группы были сформированы 6 подгрупп животных (n=10 в каждой), получавших синтетический ГК на протяжении различных интервалов времени: 10 дней (10ДМ-группа), 20 дней (20ДМ-группа), 30 дней (30ДМ-группа), 40 дней (40ДМ-группа), 50 дней (50ДМ-группа) и 60 дней (60ДМ-группа).

Дексаметазон и гидрокортизон вводили внутривенно, дексаметазон – в виде водного раствора дексаметазона натрия фосфата (производство фирмы KRKA, Словения), гидрокортизон – в виде гидрокортизона ацетата (суспензия для инъекций, «Фармак», Украина).

По окончании сроков экспериментальных воздействий животных наркотизировали (тиопентал натрия, 100 мг/кг) и проводили острый опыт, в ходе которого в условиях *in situ* оценивали электрофизиологические, эргометрические, миотермические и сократительные параметры *m. tibialis anterior*.

При этом для оценки функционального состояния периферического звена нервно-мышечного аппарата на различных этапах эксперимента применялись следующие методические подходы. При исследовании срочных эффектов дексаметазона и гидрокортизона на *m. tibialis anterior* в условиях острого опыта (I этап) определяли:

- хронаксию мышцы при непрямой ее электрической стимуляции;
- некоторые параметры М-ответа мышцы при раздражении малоберцового нерва с низкой частотой (0,2 имп/с);
- степень облегчения и депрессии синаптической передачи при оптимальной частоте стимуляции малоберцового нерва (30 имп/с);
- ряд энергетических параметров мышцы (внешнюю работу, мощность, температурный эффект мышечного сокращения и температурную стоимость мышечной работы (ТСМР)) на основании эрго- и термограммы 6-секундного тетанического сокращения мышцы с внешней нагрузкой 80 г;
- некоторые параметры тетанического сокращения мышцы (амплитуду, скорость его развития, продолжительность периодов максимальной и субмаксимальной работоспособности мышцы) по эргограммам высокочастотного тетануса (70 имп/с) в процессе выполнения утомляющей работы с внешней нагрузкой 80 г, на основании чего судили об устойчивости мышцы к утомлению.

При изучении эффектов длительно вводимого гидрокортизона на функциональное состояние периферического звена нервно-мышечного аппарата (II этап) определяли:

- хронаксию мышцы в условиях непрямо́й ее электрической стимуляции;
- некоторые параметры М-ответа мышцы при раздражении малоберцового нерва с низкой частотой (0,2 имп/с);
- устойчивость генерации М-ответов мышцей при низкочастотной стимуляции малоберцового нерва (4 имп/с);
- параметры одиночного сокращения мышцы (с внешней нагрузкой 20 г), энергетические ее показатели (при выполнении 6-секундных тетанусов с внешней нагрузкой 80 г) и работоспособность при выполнении высокочастотной утомляющей работы (70 имп/с, с внешней нагрузкой 70 г, вплоть до полного расслабления на фоне продолжающейся электрической стимуляции).

Для исследования эффектов длительно вводимых доз дексаметазона на энергетику мышечного сокращения (III этап) на основании 6-секундных гладких тетанусов определяли энергетические параметры мышцы – внешнюю работу, температурный эффект мышечного сокращения и ТСМР – до, в динамике и после выполнения утомляющей работы. Утомляющую работу моделировали путем 3-кратных 6-секундных гладких тетанусов с нагрузкой 80 г. В частности, эрго- и термограммы мышцы при выполнении ею 6-секундных тетанических сокращений регистрировали 4 раза по следующему алгоритму: 1-й тетанус (период «До работы», исходные значения), 2-й тетанус (после первых трех 6-секундных тетанических сокращений), 3-й тетанус (после следующих трех 6-секундных сокращений) и 4-й тетанус (после последних трех 6-секундных сокращений – период «После работы»).

В соответствии с умеренными и максимальными суточными дозами гидрокортизона и дексаметазона для человека нами были определены следующие дозы естественного и синтетического ГК для однократного и длительного введения лабораторным животным:

- эквивалентная максимальной терапевтической дозе для человека доза на 1 кг массы тела крысы составляет 2 мг для дексаметазона и 50 мг для гидрокортизона, эти дозы использовались для однократного введения животным за 1 час и 24 часа до острого опыта,

- эквивалентная умеренной терапевтической дозе для человека доза на 1 кг массы тела крысы составляет 0,25 мг для дексаметазона и 3 мг для гидрокортизона, эти дозы использовались для длительного (на протяжении 1-2 месяцев) введения лабораторным животным.

При этом для индукции системных эффектов нами были выбраны парентеральные формы ГК в связи с более высокой их биодоступностью для организма, в сравнении с пероральными формами [9], и определен внутрибрюшинный способ их введения в связи с меньшим болевым воздействием и локальным повреждающим эффектом на скелетную мышцу, типичными для внутримышечного введения.

В процессе острого опыта на разных этапах эксперимента проводили регистрацию определенных электрофизиологических, сократительных и эргометрических параметров сокращения *m. tibialis anterior* при разных режимах ее непрямо́й

электрической стимуляции с применением следующих методических подходов.

*Определение хронаксии мышцы.* Раздражая малоберцовый нерв прямоугольными одиночными электрическими импульсами (длительность 150 мкс), определяли пороговое напряжение тока (реобазу), достаточное для генерации *m. tibialis anterior* минимально значимой величины М-ответа, о котором судили по отклонению кривой М-ответа от изолинии на величину разрешения канала усиления цифрового осциллографа. Затем определяли хронаксию мышцы путем раздражения малоберцового нерва прямоугольными электрическими стимулами напряжением в 2 реобазы, постепенно увеличивая их длительность от нуля до пороговой.

*Регистрация одиночных М-ответов мышцы.* М-ответ индуцировали путем раздражения малоберцового нерва одиночными сверхпороговыми электрическими импульсами длительностью 150 мкс каждый с частотой 0,2 имп/с и силой тока 500 мкА. На основании записей одиночных М-ответов мышцы определяли его латентный период, амплитуду, длительность, а также оценивали форму.

*Определение количества активируемых ДЕ мышцы.* Малоберцовый нерв раздражали в течение 4 с электрическими импульсами постепенно увеличивающегося напряжения (от 0,01 до 2 В) с частотой 10 имп/с. На основании записей М-ответов рассчитывали процентное изменение амплитуды максимального М-ответа относительно амплитуды минимального, по которому судили о приблизительном количестве активируемых ДЕ мышцы (методика Galea V. [10]).

*Оценка надежности нервно-мышечной передачи.* Для оценки надежности нервно-мышечной передачи использовали методику Гехта Б.М. [11], предполагающую раздражение нервно-мышечного аппарата с низкой частотой (4 имп/с) и последующее определение декремента амплитуды 5-го М-ответа относительно 1-го. При этом малоберцовый нерв раздражали сверхпороговыми электрическими импульсами длительностью 150 мкс каждый и силой тока 500 мкА. Согласно Гехту Б.М. [11], декремент амплитуды 5-го М-ответа относительно 1-го, превышающий 10 % при таком режиме стимуляции, указывает на сниженную надежность нервно-мышечной передачи.

*Оценка степени облегчения и депрессии синаптической передачи.* Для оценки степени облегчения и депрессии синаптической передачи в течение 5 с регистрировали серию М-ответов мышцы при оптимальной частоте раздражения малоберцового нерва – 30 имп/с. При этом длительность и сила электрических импульсов были такими же, как и при оценке надежности синаптической передачи – 150 мкс и 500 мкА соответственно. На основании записи серии М-ответов мышцы определяли изменение их амплитуды относительно 1-го. При этом увеличение амплитуды М-ответов более чем на 30 % относительно амплитуды 1-го при оптимальном режиме стимуляции нервно-мышечного аппарата (30 имп/с) указывает в пользу выраженного облегчения синаптической передачи, тогда как ее уменьшение более чем на 25 % – в пользу патологически значимой ее депрессии [11, 12].

*Регистрация одиночных сокращений мышцы.* Для индукции одиночных сокращений мышцы на малоберцовый нерв наносили сверхпороговые электрические стимулы с частотой 4 имп/с (длительность 150 мкс каждый и сила тока 500 мкА). При сокращениях мышца поднимала груз массой 20 г. На основании полученных записей определяли параметры одиночного сокращения мышцы: амплитуду, латентный период, скорость укорочения и расслабления.

*Регистрация 6-секундных тетанических сокращений мышцы, оценка*

амплитудных и временных параметров тетанического сокращения. С целью оценки некоторых параметров тетанического сокращения мышцы на малоберцовый нерв в течение 6 с наносили серию импульсов с плавно нарастающей частотой от 4 до 70 имп/с (длительность импульса составляла 100 мкс, сила тока 1000 мкА). М-ответы и сокращения мышцы при этом записывались дважды: с внешней нагрузкой 20 г и 70 г.

На основании полученных записей определяли максимально достижимую амплитуду тетануса и скорость его развития, а также время полурасслабления мышцы после тетануса.

*Определение температурного эффекта мышечного сокращения и температурной стоимости мышечной работы (ТСМР).* При исследовании срочных эффектов дексаметазона и гидрокортизона на нервно-мышечный аппарат, а также изучении эффектов длительно вводимых доз дексаметазона на энергетику мышечного сокращения одновременно с эргограммой 6-секундного тетанического сокращения мышцы (частота стимуляции – 70 имп/с, длительность импульсов – 0,5 мс, сила тока – 1000 мкА, внешняя нагрузка 80 г) регистрировалась термограмма. По эргограмме определяли внешнюю работу мышцы, а на основании термограммы – величину прироста температуры мышцы при ее сокращении (температурный эффект мышечного сокращения –  $\Delta T^0$ ). По отношению температурного эффекта мышечного сокращения к величине выполненной мышцей внешней работы определяли «температурную стоимость мышечной работы – ТСМР ( $^0/мДж$ )».

*Моделирование утомляющей работы мышцы, определение ее эргометрических параметров.* Для решения поставленных задач на разных этапах исследований применялись разные режимы утомляющей работы. Так, при изучении эффектов однократно вводимых дексаметазона и гидрокортизона и субхронического введения гидрокортизона на периферическое звено нервно-мышечного аппарата утомляющую работу моделировали путем сокращения мышцы в режиме высокочастотного тетануса (70 имп/с, длительность импульсов 0,5 мс и сила тока 1000 мкА) с большой внешней нагрузкой (70–80 г) до почти полного расслабления мышцы на фоне продолжающейся стимуляции нервно-мышечного аппарата. Работа мышцы до полного утомления продолжалась на протяжении 50–80 с.

На основании полученных записей определяли максимально достижимую амплитуду тетануса и время ее достижения, а также продолжительность удержания амплитуды сокращения на максимально возможном уровне (период максимальной работоспособности) и до момента ее снижения на 50 % относительно максимальной на фоне продолжающейся электрической стимуляции малоберцового нерва (период субмаксимальной работоспособности). На основании амплитуды тетануса и величины внешней нагрузки рассчитывали внешнюю работу мышцы, а, учитывая максимальную амплитуду тетануса и время ее достижения – скорость сокращения. На основании скорости сокращения мышцы и величины внешней нагрузки определяли абсолютную силу сокращения.

При исследовании долговременных эффектов дексаметазона на энергетику мышечного сокращения (III этап) утомляющую работу моделировали путем выполнения мышцей серий 6-секундных тетанических сокращений с внешней нагрузкой 80 г. При этом эрго- и термограммы мышцы при выполнении ею 6-секундных тетанических сокращений регистрировали 4 раза по следующему алгоритму: 1-й тетанус (период «До работы», исходные значения), 2-й тетанус (после предварительных трех 6-секундных тетанических сокращений), 3-й тетанус (после следующих трех 6-секундных сокращений) и 4-й тетанус (после последних

трех 6-секундных сокращений – период «После работы»).

Полученные экспериментальные данные обрабатывали с помощью стандартных методов вариационной статистики, представленных в пакетах анализа Excel-2010 и SPSS Statistics 7.0 и 17.0. Численное значение исследуемых параметров выражали в виде «среднее ± стандартная ошибка». Статистическую значимость различий между двумя средними арифметическими величинами определяли с помощью двухвыборочного t-теста Стьюдента для выборок с различными дисперсиями при заданном уровне значимости  $p < 0,05$ , предварительно убедившись в том, что распределение значений в исследуемых вариационных рядах близко к нормальному (W-тест Шапиро-Уилка, Statistica 7.0). При оценке различий между двумя множествами применяли также двухвыборочный F-тест для дисперсий, а для выявления статистически значимых различий между сравниваемыми группами в степени процентного изменения амплитуды М-ответов относительно 1-го в серии при разных частотах стимуляции нервно-мышечного аппарата или параметров М-ответа или одиночного сокращения после утомляющей работы относительно исходных значений использовали U-критерий Манна-Уитни.

При оценке характера зависимости между продолжительностью периодов введения дексаметазона и величиной показателей энергетики мышечного сокращения на третьем этапе исследований применяли регрессионный анализ.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Срочные эффекты ГК на периферическое звено нервно-мышечного аппарата.** Эффекты однократно вводимых гидрокортизона (50 мг/кг) и дексаметазона (2 мг/кг) на *m. tibialis anterior*, наряду с некоторым сходством, характеризовались и определенными отличиями. Так, естественный и синтетический ГК вызывали однонаправленные изменения электрофизиологических параметров мышцы ( $p < 0,05$  относительно контроля): укорочение хронаксии (на 20–21 %) спустя 1 час после введения и латентного периода М-ответа, которое отмечалось уже спустя 1 час после введения препаратов (на 25–33 %) с сохранностью спустя сутки (на 14–20 %) после их введения (табл. 1).

Эти изменения свидетельствуют в пользу повышения возбудимости нервно-мышечного аппарата и улучшения степени синхронизации возбуждения мышечных волокон под влиянием ГК. Кроме того, как спустя 1 час, так и спустя 1 сутки после введения гидрокортизона и дексаметазона наблюдалось увеличение ( $p < 0,05$  относительно контроля) скорости тетанического сокращения (на 25–63 %, табл. 2), и у большей части животных (70–80 % особей через 1 час после введения ГК и 50 % особей через сутки после введения препаратов) отмечалось выраженное облегчение синаптической передачи при оптимальном режиме стимуляции нервно-мышечного аппарата (30 имп/с, табл. 1). Все эти срочные эффекты ГК должны способствовать улучшению функциональных параметров скелетной мышцы.

Вместе с тем, увеличение ( $p < 0,05$  относительно контроля) внешней работы мышцы (на 51 %) и мощности тетанического сокращения (на 59 %) наблюдалось только под влиянием гидрокортизона и только спустя 1 час после его введения, тогда как дексаметазон не оказывал положительный эрготропный эффект (табл. 3).

В то же время, и гидрокортизон, и дексаметазон через 1 час после введения

обусловливали увеличение ( $p < 0,05$  относительно контроля) температурного эффекта мышечного сокращения (на 68–95 %) и соответственно ТСМР (на 36–51 %, табл. 3), отражающее снижение КПД мышцы. При этом спустя сутки после введения гидрокортизона ТСМР нормализовалась, тогда как в ДМ-группе оставалась увеличенной (на 29 %,  $p < 0,05$  относительно контроля).

**Таблица 1**  
**Значения электрофизиологических параметров мышцы крыс контрольной группы и животных, получивших однократные инъекции дексаметазона (2 мг/кг) или гидрокортизона (50 мг/кг) за 1 час и 24 часа до острого опыта**

Параметр	Группа животных				
	Контроль	ДМ-группа		Г-группа	
		спустя 1 ч	спустя 24 ч	спустя 1 ч	спустя 24 ч
Хронаксия ( $\bar{X} \pm m$ ), мкс	20,5±0,52	16,5±0,38 [-20*]	19,1±0,77	16,2±0,41 [-21*]	19,4±0,72
<i>Параметры одиночного М-ответа (<math>\bar{X} \pm m</math>)</i>					
Латентный период, мс	1,2±0,04	0,9±0,01 [-25*]	1,0±0,04 [-14*]	0,8±0,02 [-33*], (-11 <sup>x</sup> )	1,0±0,03 [-20*]
Амплитуда, мВ	2,6±0,31	2,9±0,34	2,8±0,32	3,2±0,46	3,0±0,41
Длительность, мс	5,7±0,39	5,2±0,43	5,4±0,45	5,4±0,47	5,2±0,43
% полифазных М-ответов	0	0	10	0	0
<i>Стимуляция малоберцового нерва с оптимальной частотой (30 имп/с)</i>					
Амплитуда 1-го М-ответа в серии ( $\bar{X} \pm m$ ), мВ	2,5±0,28	3,1±0,36	2,9±0,34	3,4±0,44	3,1±0,42
Степень повышения амплитуды М-ответов относительно 1-го в серии ( $\bar{X}$ ; Me {1Q; 3Q}), %	10,1; 10,6 {5,6; 14,2}	35,2; 37,5 {23,3; 46,5} <sup>o</sup>	28,2; 34,8 {17,2; 39,1} <sup>o</sup>	37,4; 40,2 {27,5; 46,9} <sup>o</sup>	27,8; 32,3 {16,9; 38,0} <sup>o</sup>
% особей в группах с выраженным облегчением синаптической передачи	0	70	50	80	50
Степень снижения амплитуды М-ответов относительно 1-го в серии ( $\bar{X}$ ; Me {1Q; 3Q}), %	-5,2; -4,8 {-9,7; -0,5}	-6,3; -6,5 {-10,9; -1,1}	-7,2; -6,7 {-13,1; -0,8}	-4,2; -5,6 {-8,1; -0,6}	-5,9; -6,8 {-10,8; -0,3}
% особей в группах с патологической депрессией синаптической передачи	0	0	0	0	0

*Примечания:* \* – в квадратных скобках указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения контрольной группы (в %,  $p < 0,05$ ); <sup>x</sup> – в круглых скобках указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения группы животных, получивших однократную инъекцию дексаметазона за 1 час до острого опыта ( $p < 0,05$ ), <sup>o</sup> – разница в процентном изменении амплитуды М-ответов относительно 1-го М-ответа в серии статистически значима в сравнении с таковой контроля ( $p < 0,05$ , на основании критерия Манна-Уитни)

И дексаметазон, и гидрокортизон предопределили первоначальное укорочение ( $p < 0,05$  относительно контроля) периода максимальной работоспособности мышцы



**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СРОЧНЫХ И ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ...**

(на 24–43 %, табл. 2), которое в Г-группе было выражено в меньшей степени, чем в ДМ-группе ( $p < 0,05$ ), и сочеталось с увеличением внешней работы мышцы (на 51 %,  $p < 0,05$  относительно контроля, табл. 3), т.е. могло быть обусловлено положительным эрготропным действием гидрокортизона. При этом субмаксимальная работоспособность мышцы через 1 час после введения гидрокортизона существенно не изменялась, тогда как в ДМ-группе возрастала (на 38 %,  $p < 0,05$  относительно контроля, табл. 2). Вместе с тем, спустя сутки после введения ГК эффекты дексаметазона и гидрокортизона на устойчивость мышцы к утомлению существенно отличались: если в Г-группе период максимальной работоспособности нормализовался, а субмаксимальной – даже удлинялся (на 45 %,  $p < 0,05$  относительно контроля), то в ДМ-группе наблюдалось укорочение обоих этих периодов (на 31–40 %,  $p < 0,05$  относительно контроля, табл. 2), которое на фоне относительно нормальной внешней работы мышцы, но при этом повышенной ТСМР (на 29 %,  $p < 0,05$  относительно контроля, табл. 3), свидетельствует в пользу нарушения энергообеспечения в мышечных волокнах.

**Таблица 2**

**Средние значения ( $\bar{X} \pm m$ ) параметров тетанического сокращения мышцы (с внешней нагрузкой 70 г) крыс контрольной группы и животных, получивших однократные инъекции дексаметазона (2 мг/кг) и гидрокортизона (50 мг/кг) за 1 час и 24 часа до острого опыта**

Параметр	Группа животных				
	Контроль	ДМ-группа		Г-группа	
		спустя 1 ч	спустя 24 ч	спустя 1 ч	спустя 24 ч
Амплитуда тетанического сокращения, мм	10,2±0,91	11,4±0,98	10,8±0,94	15,4±1,45 [+51*], (+35 <sup>x</sup> )	11,6±1,05
Средняя скорость достижения максимальной амплитуды мышечного сокращения, %/с	40,2±1,55	59,5±4,61 [+48*]	50,2±4,13 [+25*]	65,4±5,14 [+63*]	57,8±4,96 [+44*]
Продолжительность периода максимальной работоспособности, с	4,3±0,36	2,4±0,31 [-44*]	2,6±0,35 [-40*]	3,3±0,25 [-23*], (+38 <sup>x</sup> )	3,9±0,41 (+50 <sup>y</sup> )
Продолжительность периода субмаксимальной работоспособности, с	9,8±1,03	13,5±1,13 [+38*]	6,8±0,79 [-31*]	8,8±1,05 (-35 <sup>x</sup> )	14,2±1,54 [+45*], (+109 <sup>y</sup> )

*Примечания:* \* – в квадратных скобках указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения контрольной группы (в %,  $p < 0,05$ ); <sup>x</sup> – в круглых скобках указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения группы животных, получивших однократную инъекцию дексаметазона за 1 час до острого опыта ( $p < 0,05$ ); <sup>y</sup> – в круглых скобках указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения группы животных, получивших однократную инъекцию дексаметазона за 24 часа до острого опыта ( $p < 0,05$ )

Таким образом, несмотря на некоторое сходство срочных эффектов гидрокортизона и дексаметазона на возбудимость нервно-мышечного аппарата и скорость тетанического сокращения мышцы, они характеризовались и принципиальными отличиями. В частности, значимый положительный эрготропный

эффект отмечался только под влиянием гидрокортизона и только через 1 час после его введения, что было сопряжено с первоначальным укорочением периода максимальной работоспособности мышцы, но при этом спустя сутки после однократной дозы гидрокортизона на фоне нормализации эргометрических параметров и ТСМР наблюдалось повышение устойчивости мышцы к утомлению. В отличие от эффекта гидрокортизона, дексаметазон не оказывал первоначального позитивного эрготропного действия, но обуславливал повышение ТСМР, которое сохранялось и через сутки после его введения на фоне укорочения периодов максимальной и субмаксимальной работоспособности мышцы, что указывает в пользу ухудшения энергообеспечения мышечных волокон.

Таблица 3

Средние значения ( $\bar{X} \pm m$ ) параметров энергетики сокращения мышцы крыс контрольной группы и животных, получивших однократные инъекции дексаметазона (2 мг/кг) и гидрокортизона (50 мг/кг) за 1 час и 24 часа до острого опыта

Параметр	Группа животных				
	Контроль	ДМ-группа		Г-группа	
		спустя 1 ч	спустя 24 ч	спустя 1 ч	спустя 24 ч
Внешняя работа мышцы, мДж	7,0±0,62	7,8±0,67	7,4±0,65	10,6±1,01 [+51*], (+35 <sup>x</sup> )	8,0±0,72
Мощность мышечного сокращения, мВт	8,8±1,06	12,2±1,45	11,1±1,06	13,9±2,17 [+59*]	11,2±1,15
Прирост температуры мышцы после тетанического сокращения, °С	0,19±0,01	0,32±0,02 [+68*]	0,26±0,02 [+37*]	0,37±0,03 [+95*]	0,25±0,02 [+32*]
Температурная стоимость мышечной работы (ТСМР), °С/мДж·10 <sup>-3</sup>	27,1±1,43	40,9±2,56 [+51*]	35,0±2,84 [+29*]	36,9±3,78 [+36*]	31,4±2,51

Примечания: \* – в квадратных скобках указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения контрольной группы (в %,  $p < 0,05$ ); <sup>x</sup> – в круглых скобках указана статистически значимая разница показателя относительно соответствующего значения группы животных, получивших однократную инъекцию дексаметазона за 1 час до острого опыта ( $p < 0,05$ )

**Долговременные эффекты гидрокортизона и дексаметазона на функциональное состояние *m. tibialis anterior*.** В отличие от однократных, длительно вводимые более низкие дозы гидрокортизона (3 мг/кг) и дексаметазона (0,25 мг/кг) оказывали негативное влияние на нервно-мышечный аппарат. В частности, под действием гидрокортизона наблюдались снижение возбудимости периферического звена нервно-мышечного аппарата, в пользу которого свидетельствует удлинение хронаксии (на 69 %,  $p < 0,05$  относительно контроля), признаки сниженной надежности синаптической передачи, в пользу которой свидетельствует выраженный декремент амплитуды 5-го М-ответа относительно 1-го при низкочастотной стимуляции малоберцового нерва (табл. 4).

Кроме того, для мышцы животных, получивших 30 инъекций гидрокортизона, было характерно ( $p < 0,05$  относительно контроля) ухудшение параметров М-ответа – удлинение его латентного периода (на 30 %) и уменьшение амплитуды (на 29 %, табл. 4), которые на фоне уменьшения массы мышцы (на 14 %) и количества активируемых ДЕ (на 42 %, табл. 5), косвенно указывают в пользу не только возможного ухудшения синхронизации возбуждения в мышце, но и дистрофических изменений мышечных волокон [11].

Субхроническое введение гидрокортизона (3 мг/кг/сутки), в отличие от однократной более высокой дозы (50 мг/кг), не оказывало эрготропного действия и, напротив, приводило к ухудшению ( $p < 0,05$  относительно контроля) амплитудных и временных параметров одиночного и тетанического сокращений мышцы: уменьшению амплитуды одиночного сокращения (на 32 %), замедлению его фаз (на 19–29 %), снижению внешней работы мышцы при тетаническом сокращении (на 41 %) и ее силы (на 42 %, табл. 5). При этом ТСМР существенно возросла (на 60 %,  $p < 0,05$  относительно контроля, табл. 5), что указывает в пользу ухудшения энергетического обеспечения сократительного акта и активации механизмов диссипации энергии в мышечных волокнах.

**Таблица 4**  
**Значения хронаксии и некоторых параметров М-ответа и одиночного сокращения *m. tibialis anterior* при разных режимах стимуляции малоберцового нерва у животных контрольной и 30Г-групп**

Показатель	Группа животных	
	Контроль	30Г-группа
Хронаксия ( $\bar{X} \pm m$ ), мкс	20,9±0,53	35,4±3,40, [+69 %*]
Параметры М-ответа при частоте стимуляции нервно-мышечного аппарата 4 имп/с		
Средняя амплитуда первых десяти М-ответов ( $\bar{X} \pm m$ )	2,52±0,02	0,99±0,04, [-61 %*]
Дисперсия амплитуды М-ответов	0,03	0,11•
Декремент амплитуды 5-го М-ответа относительно 1-го ( $\bar{X}$ ; Ме {1Q; 3Q}), %	2,8; 2,5 {1,8; 4,0}	-24,3; -25,7 {-42,0; -5,9} °
Дисперсия декремента амплитуды М-ответов	22	729•
Параметры одиночного М-ответа ( $\bar{X} \pm m$ ) (при частоте стимуляции нервно-мышечного аппарата 0,2 имп/с)		
Латентный период, мс	2,0 ± 0,05	2,6 ± 0,06, [+30 %*]
Амплитуда, мВ	1,7 ± 0,11	1,2 ± 0,09, [-29 %*]
Длительность, мс	4,99 ± 0,39	4,66 ± 0,33, [-7 %]

Примечания – \* – в квадратных скобках указана статистически значимая разница показателя относительно контрольной группы (в %,  $p < 0,05$ ); • – дисперсия определенного параметра статистически значимо отличается от таковой контрольных животных ( $p < 0,05$ , на основании двухвыборочного F-теста для дисперсий); ° – разница в процентном изменении амплитуды М-ответов относительно 1-го М-ответа в серии статистически значима в сравнении с таковой контроля ( $p < 0,05$ , на основании критерия Манна-Уитни)

Вместе с тем, продолжительность периодов максимальной и субмаксимальной работоспособности мышцы при выполнении высокочастотной утомляющей работы

после длительного введения гидрокортизона значимо удлинялась относительно контроля (на 41 % и 48 % соответственно,  $p < 0,05$ , табл. 5). В то же время, поскольку такое удлинение периодов работоспособности мышцы у животных 30Г-группы имело место на фоне уменьшения ее массы и количества активируемых ДЕ, а также ухудшения амплитудных и временных параметров одиночного сокращения, силы мышцы и величины внешней работы, но при этом увеличения ТСМР, наиболее вероятной его причиной являлось не улучшение энергообеспечения мышечных волокон, как спустя сутки после однократной дозы гидрокортизона, а увеличение удельной доли медленных окислительных мышечных волокон, задействованных в сокращении, в связи с частичной дистрофией быстрых гликолитических мышечных волокон.

Таблица 5

Средние значения ( $\bar{X} \pm m$ ) сократительных и энергетических параметров мышцы крыс контрольной и 30Г-групп

Показатель	Группа животных	
	Контроль	30Г-группа
Масса мышцы, мг	399,8±6,81	344,2±12,9, [-14*]
Количество активируемых двигательных единиц	14,1±1,21	8,2±0,72, [-42*]
Параметры одиночного сокращения (с внешней нагрузкой 20 г)		
Амплитуда, мм	2,9±0,17	1,9±0,18, [-32*]
Латентный период, мс	8,7±0,35	11,9±0,52, [+37*]
Продолжительность фазы укорочения, мс	30,1±1,18	38,7±1,54, [+29*]
Продолжительность фазы расслабления, мс	74,1±4,17	88,0±4,18, [+19*]
Энергетические параметры мышцы при выполнении 6-ти секундного гладкого тетануса с внешней нагрузкой 80 г		
Внешняя работа, мДж	10,6±0,84	6,3±0,75, [-41*]
Температурный эффект мышечного сокращения, °С	0,3±0,01	0,26±0,04
ТСМР, (°С/мДж) · 10 <sup>3</sup>	25,9±2,14	41,4±4,82, [+60*]
Параметры тетанического сокращения при выполнении мышцей утомляющей работы с внешней нагрузкой 70 г до полного расслабления		
Сила тетанического сокращения, мН	0,9±0,09	0,5±0,08, [-42*]
Удельная сила тетанического сокращения, мН/100 мг массы мышцы	0,21±0,02	0,14±0,02, [-33*]
Период максимальной работоспособности мышцы, с	3,7±0,40	5,2±0,49, [+41*]
Период субмаксимальной работоспособности мышцы, с	9,6±0,99	14,2±1,32, [+48*]

Примечания – \* – в квадратных скобках указана статистически значимая разница показателя относительно контрольной группы (в %,  $p < 0,05$ )

Длительно вводимый дексаметазон (0,25 мг/кг, 1 раз в 2 суток, на протяжении 10–60 дней), подобно гидрокортизону, обуславливал ухудшение параметров энергетики мышечного сокращения ( $p < 0,05$  относительно контроля): уменьшение объема внешней работы мышцы (на 45–41 % спустя 20–50 дней введения) и повышение энергетической ее стоимости (на 26–82 % спустя 10–40 дней применения). В то же время к окончанию 2-месячного периода применения дексаметазона наблюдалась нормализация внешней работы мышцы и температурной ее стоимости,

что указывает в пользу возможного развития адаптации нервно-мышечного аппарата к длительному введению ГК в фиксированной дозе. Между тем, на протяжении всего 2-месячного периода введения дексаметазона сохранялись более выраженные, в сравнении с контролем ( $p < 0,05$ ), снижение объема внешней работы мышцы (на 70–79 % против снижения в 56 % у контроля) и повышение ТСМР (на 104–230 % против повышения в 28 % у контроля) в процессе выполнения утомляющих тетанусов (рис.), отражающие высокую патофизиологическую активность синтетического ГК в отношении работоспособности скелетной мышцы.

Таким образом, субхроническое введение как гидрокортизона, так и дексаметазона приводило к ухудшению энергетических параметров мышцы, но при этом ее способность удерживать более низкую, чем в контроле, амплитуду тетануса на максимальном и субмаксимальном уровне у животных 30Г-группы значительно возрастала, в сравнении с контролем, тогда как под влиянием дексаметазона наблюдалось существенное ухудшение работоспособности мышцы, признаки которого отмечались и спустя сутки после однократной его дозы. Данные факты указывают в пользу более выраженного негативного влияния дексаметазона, в сравнении с гидрокортизоном, на процессы энергетического обеспечения сократительного акта.

Обсуждая результаты исследований, отметим, что дексаметазон (2 мг/кг), даже после однократного применения, оказывал более выраженное негативное влияние на энергетику мышечного сокращения, в сравнении с гидрокортизоном (50 мг/кг), который, в отличие от дексаметазона, приводил к повышению устойчивости скелетной мышцы к утомлению спустя сутки после введения. Данный факт отчасти согласуется с результатами исследований других специалистов, выявивших способность однократно вводимого гидрокортизона повышать содержание гликогена, глюкозы и жирных кислот в мышечных волокнах, крови и многих других тканях [13], тогда как дексаметазон, напротив, вызывает нарушение всех трех типов транспорта глюкозы в мышечные волокна – инсулинзависимого, регулируемого ИФР-I и базального [14], что может обуславливать наблюдаемые нами признаки нарушения энергообеспечения сократительного акта. В основе различных эффектов гидрокортизона и дексаметазона на работоспособность мышцы может лежать активация под влиянием различных ГК разных сигнальных биохимических путей в мышечных волокнах, отмеченная в исследованиях других авторов [7].

Подобная закономерность в отношении эффектов естественного и синтетического ГК на работоспособность мышцы была получена и при исследовании долговременных эффектов гидрокортизона (3 мг/кг/сутки, на протяжении 30 дней) и дексаметазона (0,25 мг/кг, 1 раз в 2-е суток, на протяжении от 10 до 60 дней). В частности, установлены более выраженные негативные эффекты дексаметазона на работоспособность *m. tibialis anterior*, в сравнении с эффектами естественного ГК. Показано, что длительное введение гидрокортизона приводило к уменьшению возбудимости скелетной мышцы, снижению устойчивости генерации ей М-ответов, ухудшению сократительных и энергетических параметров, но при этом повышению ее устойчивости к утомлению, которое, вероятнее всего, было обусловлено увеличением окислительной активности исследуемой быстрой скелетной мышцы,

поскольку сочеталось с ухудшением временных параметров одиночного ее сокращения. Длительно вводимый дексаметазон, наряду с типичным для гидрокортизона, ухудшением ( $p < 0,05$  относительно контроля) эргометрических параметров мышцы и КПД мышечной работы, обуславливал и снижение ее устойчивости к утомлению, признаки которого отмечались и спустя сутки после однократного его введения.

Известно, что в скелетных мышечных волокнах, как и в большинстве других соматических клеток экспрессируются два типа рецепторов к кортикостероидам: GR, проявляющие низкую аффинность к ГК, но при этом связывающиеся с синтетическими ГК, и MR, проявляющие аффинитет не только к минерало-, но и естественным глюкокортикоидам [15, 16]. Причем сродство MR к ГК гораздо выше такового минералокортикоидов [17], поэтому в большинстве клеток (кроме канальцев нефрона, где имеется фермент, метаболизирующий ГК) естественные ГК при нормальном их уровне в плазме крови связываются преимущественно с MR, и только при повышении их концентрации в крови наблюдается и насыщение GR глюкокортикоидами. Дексаметазон, как синтетический ГК, не образует связи с MR, а насыщает только GR.

Экспрессия GR и MR в клетках и соответственно соотношение между ними может изменяться при различных функциональных состояниях. Так, например, хронический стресс и соответственно естественные ГК подавляют экспрессию GR в большинстве клеток [18], тогда как длительное введение дексаметазона, напротив, стимулирует экспрессию GR [19]. Соответственно, у животных, субхронически получавших гидрокортизон, можно предположить ослабление экспрессии GR в мышечных волокнах, тогда как у крыс, получавших дексаметазон, напротив, повышение экспрессии GR.

Вопрос, касающийся активации определенных сигнальных путей с участием GR и MR в различных типах клеток до конца не решен. Известно, в частности, что в эпителиальных клетках ГК действуют как агонисты GR и MR [20], тогда как в кардиомиоцитах и, возможно, скелетных мышечных волокнах естественные ГК выступают агонистами GR, но при этом антагонистами MR [21]. При этом гидрокортизон способен связываться и с GR, и с MR, тогда как дексаметазон – только с GR [22, 23]. Установлено, что активация процессов мышечной дистрофии под действием ГК преимущественно обусловлена реализацией их эффектов через GR, потому что мышцы с нокаутом гена GR оказываются устойчивыми к дексаметазон-индуцированной мышечной дистрофии [24].

В то же время показано, что блокада MR в мышечных волокнах сопровождается улучшением функциональных параметров скелетных мышц, в том числе повышением мышечной силы на моделях мышечной дистрофии Дюшенна (при этом уменьшается и повреждение мембран мышечных волокон) [25]. В связи с этим блокаторы MR рассматриваются как новый терапевтический путь при дистрофических изменениях скелетных мышц, возникающих как за счет внутреннего воздействия на миофибрилярный аппарат и мышечную силу, так и за счет последующего фиброза и внешних функций, влияющих на стабильность мембраны [26]. Острое воздействие гидрокортизона в наших исследованиях, очевидно, обуславливало частичную блокаду MR, что и могло послужить причиной повышения мышечной силы, тогда как

введение дексаметазона сопровождалось только активацией GR без параллельной блокады MR, что обусловило отсутствие его эргогенных эффектов при остром воздействии и более выраженные функциональные проявления миопатии при субхроническом введении.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Положительное эрготропное действие на *m. tibialis anterior* крыс, проявляющееся в увеличении объема внешней работы и мощности сокращения, оказывает гидрокортизон (50 мг/кг; спустя 1 час после введения) на фоне укорочения периода максимальной работоспособности мышцы, через сутки после его введения наблюдается повышение устойчивости мышцы к утомлению на фоне нормализации эргометрических параметров.
2. Дексаметазон (2 мг/кг) после однократного введения вызывает уменьшение максимальной работоспособности мышцы и КПД мышечной работы.
3. Субхроническое введение гидрокортизона (30 суток, 3 мг/кг/сутки) приводит к существенному ухудшению сократительных и энергетических параметров мышцы, снижению возбудимости нервно-мышечного аппарата, объема внешней работы и надежности нервно-мышечной передачи, но при этом увеличению устойчивости мышцы к утомлению.
4. Субхроническое введение дексаметазона (20–60 дней; 0,25 мг/кг, 1 раз в 2-е суток) вызывает ухудшение не только эргометрических и энергетических параметров скелетной мышцы, но и ее устойчивости к утомлению.

### Список литературы

1. Madamsetty V. S. Dexamethasone: Insights into Pharmacological Aspects, Therapeutic Mechanisms, and Delivery Systems / V. S. Madamsetty, R. Mohammadinejad, I. Uzieliene, N. Nabavi, A. Dehshahri, J. Garcia-Couce, Sh. Tavakol, S. Moghassemi, A. Dadashzadeh, P. Makvandi, A. Pardakhty, A. A. Afshar, A. Seyfoddin // ACS Biomater Sci Eng. – 2022. – V. 8, № 5. – P. 1763–1790.
2. Swarbrick M. Mechanisms in endocrinology: Local and systemic effects of glucocorticoids on metabolism: new lessons from animal models / M. Swarbrick, H. Zhou, M. Seibel // Eur. J. Endocrinol. – 2021. – V. 185, № 5. – P. R113–R129.
3. Minetto M. A. Muscle fiber conduction slowing and decreased levels of circulating muscle proteins after short-term dexamethasone administration in healthy subjects / M. A. Minetto, A. Botter, F. Lanfranco, M. Baldi, E. Ghigo, E. Arvat // Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. – 2010. – V. 95, № 4. – P. 1663–1671.
4. Гришин С. Н. Влияние глюкокортикоидов и катехоламинов на нервно-мышечную передачу / С. Н. Гришин, А. И. Габдрахманов, А. Е. Хайруллин, А. У. Зиганшин // Биологические мембраны. – 2017. – Т. 34, № 4. – С. 251–260.
5. Lee M.-C. Apoptosis of skeletal muscle on steroid-induced myopathy in rats / M.-C. Lee, G.-R. Wee, J.-H. Kim // J. Nutr. – 2005. – V. 135, № 7. – P. 1806S–1808S.
6. Sun L.-Y. Acute myopathy following intra-muscular injection of compound betamethasone: A case report / L.-Y. Sun, X.-L. Chu // Medicine (Baltimore). – 2017. – V. 96, № 34. – P. e7474.
7. Fappi A. Skeletal Muscle Response to Deflazacort, Dexamethasone and Methylprednisolone / A. Fappi, J. C. Neves, L. N. Sanches, P. V. Massaroto e Silva, G. Yu. Sikusawa, Th. P. Correa Brandão, G. Chadi, E. Zanoteli // Cells. – 2019. – V. 8, № 5. – P. 406.
8. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / Под ред. А. Н. Миронова, Н. Д. Бунатян. – Москва: Минздрав РФ, ЗАО «Гриф и К», 2012. – 944 с.

9. Katzung B. G. *Greenspan's Basic and Clinical Pharmacology* / B. G. Katzung (ed.). – 14th ed. – New York: McGraw-Hill Medical, 2018. – 1264 p
10. Galea V. The number and relative size of motor units estimated by computer / V. Galea, H. De Bruin, R. Cavašin, A. J. McComas // *Muscle and Nerve*. – 1991. – V. 14. – P. 1123–1130.
11. Гехт Б. М. Теоретическая и клиническая электромиография / Б. М. Гехт. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1990. – 229 с.
12. MacIntosh B. R. *Skeletal muscle. Form and function* / B. R. MacIntosh, Ph. F. Gardiner, A. J. McComas. – 2th ed. – Champaign: Human Kinetics, 2006. – 423 p.
13. Fernandez-Sola J. Patients with chronic glucocorticoid treatment develop changes in muscle glycogen metabolism / J. Fernandez-Sola, R. Cusso, C. Picado, M. Vernet, J. M. Grau, A. U.-Marquez // *J. Neurol. Sci.* – 1993. – V. 117, № 1-2. – P. 103–106.
14. Gong H. Dexamethasone rapidly inhibits glucose uptake via non-genomic mechanisms in contracting myotubes / H. Gong, L. Liu, C. X. Ni, Y. Zhang, W.-J. Su, Y.-J. Lian, W. Peng, J.-P. Zhang, Ch.-L. Jiang // *Arch. Biochem. Biophys.* – 2016. – V. 603. – P. 102–109.
15. Cruz-Topete D. One hormone, two actions: anti- and pro-Inflammatory effects of glucocorticoids / D. Cruz-Topete, J. A. Cidlowski // *Neuroimmunomodulation*. – 2015. – V. 22, № 1-2. – P. 20–32.
16. John K. The glucocorticoid receptor: cause of or cure for obesity? / K. John, J. S. Marino, E. R. Sanchez, T. D. Hinds // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* – 2016. – V. 310, № 4. – P. 249–257.
17. Edwards H. E. The impact of corticosteroids on the developing animal / H. E. Edwards, W. M. Burnham // *Pediatr. Res.* – 2001. – V. 50. – P. 433–440.
18. Karandrea D. Forced swimming differentially affects male and female brain corticosteroid receptors / D. Karandrea, C. Kittas, E. Kitraki // *Neuroendocrinol.* – 2002. – V. 75. – P. 217–226.
19. Shishkina G. T. Behavioral effects of glucocorticoids during the first exposures to the forced swim stress / G. T. Shishkina, V. V. Bulygina, N. N. Dygalo // *Psychopharmacology (Berl.)*. – 2015. – V. 232. – P. 851–860.
20. Есаян А. М. Минералкортикоидные рецепторы: структура, механизмы активации / А. М. Есаян, И. Г. Каюков, А. Ж. Карабаева // *Нефрология*. – 2006. – Т. 10, №2. – С. 28–32.
21. Chadwick J. A. Gene expression effects of glucocorticoid and mineralocorticoid receptor agonists and antagonists on normal human skeletal muscle / J. A. Chadwick, J. S. Hauck, C. E. Gomez-Sanchez, E. P. Gomez-Sanchez, J. A. Rafael-Fortney // *Physiol. Genomics*. – 2017. – V. 49, №6. – P. 277–286.
22. Борисова Е. О. Клиническая фармакология парентеральных форм глюкокортикоидов / Е. О. Борисова // *Лечебное дело*. – 2007. – №3. – С. 17–24
23. Rogerson F. M. Mineralocorticoid action / F. M. Rogerson, P. J. Fuller // *Steroids*. – 2000. – V. 65, №2. – P. 61–73.
24. Watson M. L. A cell-autonomous role for the glucocorticoid receptor in skeletal muscle atrophy induced by systemic glucocorticoid exposure / M. L. Watson, L. M. Baehr, H. M. Reichardt, J. P. Tuckermann, S. C. Bodine, J. D. Furlow // *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* – 2012. – V. 302, № 10. – P. E1210–E1220.
25. Howard Z. M. Mineralocorticoid receptor signaling in the inflammatory skeletal muscle microenvironments of muscular dystrophy and acute injury / Z. M. Howard, Ch. K. Gomatam, A. B. Piepho, J. A. Rafael-Fortney // *Front Pharmacol.* – 2022. – V. 13. – P. 942660.
26. Howard Z. M. Myeloid mineralocorticoid receptors contribute to skeletal muscle repair in muscular dystrophy and acute muscle injury / Z. M. Howard, N. Rastogi, J. Lowe, J. S. Hauck, P. Ingale, Ch. Gomatam, C. E. Gomez-Sanchez, E. P. Gomez-Sanchez, Sh. S. Bansal, J. A. Rafael-Fortney // *Am. J. Physiol. Cell Physiol.* – 2022. – V. 322, № 3. – P. C354–C369.



COMPARATIVE EVALUATION OF IMMEDIATE AND LONG-TERM EFFECTS  
OF NATURAL AND SYNTHETIC GLUCOCORTICOIDS ON THE PERIPHERAL  
UNIT OF THE NEUROMUSCULAR APPARATUS OF RATS

Trush V. V.<sup>1</sup>, Sobolev V. I.<sup>2</sup>, Popov M. N.<sup>2</sup>, Bondarenko N. N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk State University", Donetsk, DPR, Russia

<sup>2</sup>Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Yalta, Republic of Crimea, Russia

<sup>3</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk State Medical University named after M. Gorky", Donetsk, DPR, Russia  
E-mail: ver.trush@yandex.ru

The aim of this work was to study the immediate and long-term effects of glucocorticoids – natural (hydrocortisone) and synthetic (dexamethasone) – on the functional state of the peripheral neuromuscular system of rats.

**Method.** Evaluation the immediate effects of glucocorticoids on functional parameters of *m. tibialis anterior* was performed after 1 hour and 24 hours of their parenteral administration in doses equivalent to the maximum daily therapeutic for humans (2 mg/kg for dexamethasone and 50 mg/kg for hydrocortisone). Study of the effects of subchronically administered of glucocorticoids on *m. tibialis anterior* was performed after 30 days of hydrocortisone administration and 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days of dexamethasone administration in doses equivalent to moderate therapeutic doses for humans (3 mg/kg daily for hydrocortisone and 0.25 mg/kg, once every 2 days for dexamethasone).

A number of functional parameters of *m. tibialis anterior* were studied in anesthetized animals (sodium thiopental, 100 mg/kg) using electrophysiological methods (electromyography, ergography and myotherapy).

**Results.** Positive ergotropic effect on *m. tibialis anterior* of rats, which manifests itself in an increase in the volume of external work of the muscle and the power of contraction, is exerted by hydrocortisone (50 mg/kg; 1 hour after administration) against the background of a shortening of the period of maximum muscle performance. One day after a single dose of hydrocortisone, an increase in muscle resistance to fatigue is observed against the background of normalization of ergometric parameters.

A single dose of dexamethasone (2 mg/kg) causes a decrease in maximum muscle performance and muscle efficiency.

Long-term administration of hydrocortisone (30 days, 3 mg/kg/day) leads to a significant deterioration in the contractile and energy parameters of the muscle, a decrease in the excitability of the neuromuscular system, the volume of external work and the reliability of neuromuscular transmission, but at the same time an increase in muscle resistance to fatigue.

Subchronic administration of dexamethasone (20–60 days; 0.25 mg/kg, once every 2 days) causes a deterioration not only of the ergometric and energy parameters of skeletal muscle, but also of its resistance to fatigue.

**Conclusion.** The synthetic glucocorticoid dexamethasone, even after a single application, had a more pronounced negative effect on the energy of muscle contraction, in comparison with hydrocortisone, which, unlike dexamethasone, led to an increase in the resistance of skeletal muscle to fatigue both a day after administration and in the case of subchronic applications.

**Keywords:** glucocorticoids, hydrocortisone, dexamethasone, skeletal muscle, rats.

### References

1. Madamsetty V. S., Mohammadinejad R., Uzieliene I., Nabavi N., Dehshahri A., García-Couce J., Tavakol Sh., Moghassemi S., Dadashzadeh A., Makvandi P., Pardakhty A., Afshar A. A., Seyfoddin A. Dexamethasone: Insights into Pharmacological Aspects, Therapeutic Mechanisms, and Delivery Systems, *ACS Biomater Sci Eng.*, **8** (5), 1763-90 (2022). DOI: 10.1021/acsbomaterials.2c00026
2. Swarbrick M., Zhou H., Seibel M. Mechanisms in endocrinology: Local and systemic effects of glucocorticoids on metabolism: new lessons from animal models, *Eur. J. Endocrinol.*, **185** (5), R113-29 (2021). DOI: 10.1530/eje-21-0553
3. Minetto M. A., Botter A., Lanfranco F., Baldi M., Ghigo E., Arvat E. Muscle fiber conduction slowing and decreased levels of circulating muscle proteins after short-term dexamethasone administration in healthy subjects, *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, **95** (4), 1663-71 (2010). DOI: 10.1210/jc.2009-2161
4. Grishin S. N., Gabdrakhmanov A. I., Khairullin A. E., Ziganshin A. U. The Influence of Glucocorticoids and Catecholamines on the Neuromuscular Transmission, *Biologicheskie membrany (Biological membranes)*, **34** (4), 251-60 (2017). DOI: 10.7868/S0233475517040016 (In Russian)
5. Lee M.-C., Wee G.-R., Kim J.-H. Apoptosis of skeletal muscle on steroid-induced myopathy in rats, *J. Nutr.*, **135** (7), 1806S-8S (2005). DOI: 10.1093/jn/135.7.1806s
6. Sun L.-Y., Chu X.-L. Acute myopathy following intra-muscular injection of compound betamethasone: A case report, *Medicine (Baltimore)*, **96** (34), e7474 (2017). DOI: 10.1097/md.00000000000007474
7. Fappi A., Neves J. C., Sanches L. N., Massaroto E., Silva P. V., Sikusawa G. Y., Brandão T. P. C., Chadi G., Zanoteli E. Skeletal Muscle Response to Deflazacort, Dexamethasone and Methylprednisolone, *Cells*, **8** (5), 406 (2019). DOI: 10.3390/cells8050406
8. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovaniy lekarstvennykh sredstv, A. N. Mironova, N. D. Bunatyan, reds. Moscow: Minzdrav RF, ZAO «Grif i K»; 2012 (In Russian).
9. Katzung B. G. *Greenspan's Basic and Clinical Pharmacology*. B. G. Katzung (ed.). 14th ed. New York: McGraw-Hill Medical; 2018.
10. Galea V., De Bruin H., Cavasin R., McComas A. J. The number and relative size of motor unites estimated by computer, *Muscle and Nerve*, **14** (11), 1123-30 (1991). DOI: 10.1002/mus.880141114
11. Geht B. M. *Teoreticheskaya i klinicheskaya elektromiografiya (Theoretical and clinical electromyography)*. Leningrad: Nauka; 1990 (In Russian)
12. MacIntosh B. R., Gardiner Ph. F., McComas A. J. *Skeletal muscle. Form and function*. 2th ed. Champaign: Human Kinetics; 2006. 423 p. doi: 10.5040/9781492596912
13. Fernandez-Sola J., Cusso R., Picado C., Vernet M., Grau J. M., Marquez A. U. Patients with chronic glucocorticoid treatment develop changes in muscle glycogen metabolism, *J. Neurol. Sci.*, **117** (1-2), 103-6 (1993). DOI: 10.1016/0022-510x(93)90161-q
14. Gong H., Liu L., Ni C. X., Zhang Y., Su W.-J., Lian Y.-J., Peng W., Zhang J.-P., Jiang Ch.-L. Dexamethasone rapidly inhibits glucose uptake via non-genomic mechanisms in contracting myotubes, *Arch. Biochem. Biophys.*, **603**, 102-9 (2016). DOI: 10.1016/j.abb.2016.05.020
15. Cruz-Topete D., Cidlowski J. A. One hormone, two actions: anti- and pro-inflammatory effects of glucocorticoids, *Neuroimmunomodulation*, **22** (1-2), 20-32 (2015). DOI: 10.1159/000362724
16. John K., Marino J. S., Sanchez E. R., Hinds T. D. The glucocorticoid receptor: cause of or cure for obesity? *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, **310** (4), 249-57 (2016). DOI: 10.1152/ajpendo.00478.2015
17. Edwards H.E., Burnham W.M. The impact of corticosteroids on the developing animal, *Pediatr. Res.*, **50**, 433-40 (2001). DOI: 10.1203/00006450-200110000-00003

18. Karandrea D., Kittas C., Kitraki E. Forced swimming differentially affects male and female brain corticosteroid receptors, *Neuroendocrinol.*, **75**, 217-26 (2002). DOI: 10.1159/000054713
19. Shishkina G. T., Bulygina V. V., Dygalo N. N. Behavioral effects of glucocorticoids during the first exposures to the forced swim stress, *Psychopharmacology (Berl.)*, **232**, 851-60 (2015). DOI: 10.1007/s00213-014-3718-8
20. Essaian A. M., Kayukov I. G., Karabaeva A. Zh. Mineralocorticoid receptors: structure, mechanisms of activation, *Nephrology (Nefrologiya)*, **10** (2), 28-32 (2006). DOI: 10.1007/springerreference\_33341 (In Russian)
21. Chadwick J. A., Hauck J. S., Gomez-Sanchez C. E., Gomez-Sanchez E. P., Rafael-Fortney J. A. Gene expression effects of glucocorticoid and mineralocorticoid receptor agonists and antagonists on normal human skeletal muscle, *Physiol. Genomics*, **49** (6), 277-86 (2017). DOI: 10.1152/physiolgenomics.00128.2016.
22. Borisova E. O. Clinical pharmacology of parenteral forms of glucocorticoids, *Lechebnoe delo (Treatment)*, 3, 17-24 (2007) (In Russian)
23. Rogerson F. M., Fuller P. J. Mineralocorticoid action, *Steroids*, **65** (2), 61-73 (2000). DOI: 10.1016/s0039-128x(99)00087-2
24. Watson M. L., Baehr L. M., Reichardt H. M., Tuckermann J. P., Bodine S. C., Furlow J. D. A cell-autonomous role for the glucocorticoid receptor in skeletal muscle atrophy induced by systemic glucocorticoid exposure, *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.*, **302** (10), E1210-20 (2012). DOI: 10.1152/ajpendo.00512.2011
25. Howard Z. M., Gomatam Ch. K., Piepho A. B., Rafael-Fortney J. A. Mineralocorticoid receptor signaling in the inflammatory skeletal muscle microenvironments of muscular dystrophy and acute injury, *Front Pharmacol.*, **13**, 942660 (2022). DOI: 10.3389/fphar.2022.942660
26. Howard Z. M., Rastogi N., Lowe J., Hauck J. S., Ingale P., Gomatam Ch., Gomez-Sanchez C. E., Gomez-Sanchez E. P., Bansal Sh. S., Rafael-Fortney J. A. Myeloid mineralocorticoid receptors contribute to skeletal muscle repair in muscular dystrophy and acute muscle injury, *Am. J. Physiol. Cell Physiol.*, **322** (3), C354-69 (2022). DOI: 10.1152/ajpcell.00411.2021

**УДК 581.1:615.322**

## **АДАПТОГЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭКЗОГЕННОГО ЭПИБРАССИНОЛИДА НА *TRITICUM AESTIVUM* L. ПРИ НИЗКОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

*Чмелева С. И., Сидякин А. И., Джелдубаева Э. Р., Туманянц К. Н., Ярмолюк Н. С.*

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации ФГАОУ ВО «Крымский  
федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: chmeleva-s@mail.ru*

Установлено положительное действие экзогенного эпибрасинолида на *Triticum aestivum* L. при низкой положительной температуре. Оптимальной концентрацией препарата Эпин-экстра для стимуляции ростовых процессов пшеницы в условиях низкой положительной температуры является 0,05 мг/л. Показано, что при гипотермии содержание простых сахаров в листьях у опытных вариантов с использованием оптимальных концентраций Эпин-экстра достоверно возрастает в 3,0 раза, а содержание пролина снижается в среднем в 1,3 раза, по сравнению с контролем.

**Ключевые слова:** эпибрасинолид, *Triticum Aestivum* L., адаптогенное действие.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в условиях Республики Крым в связи с изменением климатических условий, а также с возрастающим антропогенным воздействием, актуальной является проблема устойчивости культурных растений к различным неблагоприятным факторам внешней среды [1]. Абиотические стрессоры вызывают у растений ряд изменений, которые проявляются на различных уровнях – от молекулярного до организменного, и отражаются на продуктивности.

Возможность выращивания озимой пшеницы в различных почвенно-климатических условиях определяется наличием у нее значительного адаптивного потенциала [2, 3], который в условиях действия пониженных температур проявляется через разнообразные структурно-функциональные изменения, носящие адаптивный характер и направленные на повышение устойчивости и выживаемости растений.

Изучение механизмов адаптации и холодостойкости растений остается актуальной задачей современных исследований в физиологии растений [4, 5]. Низкие положительные температуры сильно ингибируют как рост, так и процессы начального развития растений [6].

В последние годы в практике широко применяются многочисленные регуляторы роста растений, использование которых направлено как на увеличение урожая, так и на повышение устойчивости растений к экстремальным условиям окружающей среды [7]. Современные полифункциональные регуляторы роста способны одновременно стимулировать рост, развитие и физиологические процессы

растений, повышать их способность адаптироваться к неблагоприятным факторам среды [7–9].

В то же время сведений в литературе о влиянии регуляторов роста и развития на морфофизиологические показатели основных возделываемых на территории Республики Крым зерновых культур, к которым принадлежит и пшеница, недостаточно.

К перспективным в использовании и экологически безопасным комплексным препаратам относится Эпин-экстра. Регулятор роста и развития растений Эпин-экстра – стрессовый адаптоген, обладающий сильной ростостимулирующей активностью. Действующее вещество препарата, эпибрассинолид, принадлежит к классу brassinosteroidов, природных гормонов растений [10, 11].

Действие данного препарата на рост и развитие злаковых в условиях пониженных температур достаточно не изучено, что представляет несомненный интерес как в теоретическом, так и в практическом отношении.

В связи с вышеизложенным, целью данного исследования явилось выявление адаптогенного действия экзогенного эпибрассинолида на *Triticum aestivum* L. при низкой положительной температуре.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть исследований проводилась на базе кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий Института биохимических технологий экологии и фармации ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», в период 2021–2023 гг.

Материалом для исследований исследования служили семена и растения пшеницы озимой сорта Трипольская (*Triticum aestivum* L. CV /Трипольская/) [12].

Семена пшеницы сорта Трипольская отбирали по средним размерам. После промывания в проточной воде выдерживали в слабом растворе  $KMnO_4$  в течение 15 минут, затем трижды промывали дистиллированной водой.

В соответствии со схемой опыта семена в марлевых мешочках замачивали в растворах препарата Эпин-экстра различной концентрации.

Схема опыта:

1. Контроль – отстоянная водопроводная вода.
2. Раствор регулятора роста – 0,025 мг/л.
3. Раствор регулятора роста – 0,05 мг/л.
4. Раствор регулятора роста – 0,1 мг/л.
5. Раствор регулятора роста – 0,2 мг/л.

А) замачивание на 4 часа.

Б) замачивание на 8 часов.

В) замачивание на 12 часов.

Семена помещали в термостат типа ТС–80–М–2 для проращивания (в течение 3 суток в темноте при  $+20^{\circ}C$ ). Согласно требованиям государственного стандарта для сельскохозяйственных культур 12038–84 для мягкой пшеницы энергия прорастания определяется на 3 сутки, а всхожесть семян на 7 сутки.

Проросшие семена высаживались в стеклянные сосуды емкостью 0,5 л, заполненные питательной смесью Прянишникова. В водной культуре растения

выращивались при естественном освещении в течение 21 суток, при температуре +22...+24 °С.

Для определения сухой, сырой массы растений пшеницы отбирали 5 параллельных проб по 10 типичных и однородных экземпляров. Время между отборами 7 дней.

Для определения содержания сухого вещества растительный материал высушивали в термостате при температуре 105 °С до постоянной массы и взвешивали.

Содержание редуцирующих сахаров определяли фотоэлектроколориметрическим методом 3 – 6 усредненных проб у 14 – дневных растений. Методика основана на восстановлении редуцирующими сахарами раствора феррицианида  $K_3[Fe(CN)_6]$  в условиях щелочной среды при нагревании в ферроцианида  $K_4[Fe(CN)_6]$ . Учет сахара ведется по желтой кровяной соли.

Количество моносахаридов испытуемого раствора устанавливали по интенсивности окраски путем сравнения ее с контрольным (нулевым) раствором. Контрольный раствор готовили аналогично испытуемому, используя вместо фильтрата дистиллированную воду. Концентрацию сахаров в испытуемом растворе находили по калибровочной кривой [13].

Определение свободного пролина производили по нингидриновой реакции. Растворы белка и пептидов, имеющие свободную α – аминокгруппу также как и α – аминокислоты, при нагревании с нингидрином дают синее или фиолетовое окрашивание. Нингидрин восстанавливается и связывается со второй молекулой нингидрина посредством молекулы аммиака, образуя продукты конденсации, окрашенные в синий, фиолетовый, красный, а в случае пролина – в желтый цвет.

Для определения свободного пролина брали три пробы листьев по 1 г каждая 7–дневных проростков пшеницы. Мелко их нарезали, заливали 10 мл 3 %-го раствора сульфосалициловой кислоты и растирали в течение 5 мин в ступках до получения однородной массы, растертую массу переносили на фильтр. Затем брали 2 мл фильтрата и проводили дальнейшее определение как при построении калибровочной кривой. Концентрация пролина определялась по калибровочному графику. Результаты расчета выражали в миллиграмм–процентах на сухое вещество, предварительно определив, сколько сухого вещества содержится в 1 г сырых листьев в контроле и при недостатке воды.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли, рассчитывая среднюю арифметическую и стандартную ошибку средней арифметической, стандартное отклонение, критерий достоверности Стьюдента для сравнения двух выборок. Все измерения и исследования осуществляли на оборудовании, прошедшем метрологическую проверку и экспертизу.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

При изучении влияния синтетического регулятора роста Эпин-экстра на накопление сырой массы растений пшеницы были получены следующие результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

**Влияние препарата Эпин-экстра на накопление массы сырого вещества растений *Triticum aestivum* L. на фоне действия низкой положительной температуры**

Варианты опыта	Масса сырого вещества, % от контроля 1 ( $\bar{x} \pm S_x$ )					
	надземная часть			корни		
	10-е сутки	14-е сутки	21-е сутки	10-е сутки	14-е сутки	21-е сутки
Контроль 2	60,1 ± 0,31	62,5 ± 0,37	58,1 ± 0,27	61,8 ± 0,45	63,1 ± 0,12	60,9 ± 0,25
Эпин – экстра 0,025 мг/л	62,3 ± 0,28	63,1 ± 0,52	63,8 ± 0,33	69,1 ± 0,11	64,8 ± 0,42	67,8 ± 0,25
Эпин – экстра 0,05 мг/л	68,3 ± 0,37	67,4 ± 0,70	68,7 ± 0,18	72,3 ± 0,25	68,5 ± 0,32	69,7 ± 0,42
Эпин – экстра 0,1 мг/л	64,4 ± 0,27	64,3 ± 0,40	65,1 ± 0,25	68,5 ± 0,33	65,3 ± 0,28	65,5 ± 0,18
Эпин – экстра 0,2 мг/л	61,4 ± 0,27	62,5 ± 0,26	62,0 ± 0,41	64,5 ± 0,37	65,4 ± 0,43	63,9 ± 0,17

Примечание к таблице: разница средних значений контроля и опыта достоверна при  $P \leq 0,01$  для всех вариантов.

Выявлено, что исследуемый регулятор роста оказал стимулирующее влияние на накопление массы сырого вещества растений пшеницы. Наилучшие результаты были получены в вариантах, в которых применялась предпосевная обработка семян в 0,05 мг/л растворе препарата Эпин-экстра. Так, например, у 10-дневных растений масса сырого вещества надземной части на 8,2 % превышает массу сырого вещества у растений, выращенных в условиях температурного стресса (контроль 2). У 14-дневных растений опытные варианты превышают контрольные на 4,9 %, а у 21-дневных на 10,6 %, соответственно (см. табл. 1).

Все концентрации изучаемого препарата (0,025 мг/л, 0,1 мг/л и 0,2 мг/л) оказывают достоверное стимулирующее влияние на накопление массы сырого вещества надземной части растений пшеницы сорта Трипольская, в меньшей степени, чем оптимальная концентрация (0,05 %). Так, например, у 10 - дневных растений пшеницы, обработанных 0,025 мг/л раствором регулятора роста, масса сырого вещества составила 62,3 % от контроля 1 (нормальные условия), что на 2,2 % выше, чем у растений, подвергшихся температурному стрессу. При применении 0,1 мг/л регулятора роста, разница между обработанными и необработанными препаратом растениями по накоплению массы сырого вещества составляет 4,3 % (см. табл. 1).

Установлено, что исследуемый регулятор роста оказал стимулирующее влияние на накопление массы сырого вещества корней пшеницы. Наилучшие результаты были получены в вариантах, в которых применялась предпосевная обработка семян в 0,05 мг/л растворе препарата Эпин-экстра. Так, например, у 10-

дневных растений, прошедших обработку регулятором роста масса сырого вещества корней на 10,5 % превышает массу сырого вещества корней у растений, выращенных в условиях температурного стресса (контроль 2). У 14-дневных растений опытные варианты превышают контрольные на 5,4 %, а у 21-дневных на 8,8 %, соответственно.

При изучении влияния синтетического препарата Эпин-экстра накопление массы сухого вещества у растений пшеницы сорта Трипольская, выращенных в условиях пониженной почвенной влажности, получены следующие данные, они представлены в таблице 2.

Выявлено, что предпосевное замачивание пшеницы в различных концентрациях синтетического регулятора роста, оказывает стимулирующее действие на накопление массы сухого вещества надземной части растений, на начальных этапах онтогенеза. Так, например, 10-дневные опытные растения, обработанные 0,05 мг/л раствором Эпин-экстра накапливают сухого вещества на 11,8 % больше, чем растения, выращенные при низких положительных температурах (в контрольном варианте 2).

Обработка растений пшеницы синтетическим регулятором роста Эпин-экстра в концентрации 0,1 мг/л и 0,2 мг/л также оказывает положительное действие на накопление массы сухого вещества, 10-дневные опытные растения накапливают сухого вещества в среднем, на 6,9 % больше, чем в варианте с действием низкой положительной температуры.

Таблица 2.

**Влияние препарата Эпин-экстра на накопление массы сухого вещества растений *Triticum aestivum* L.**

Варианты опыта	Масса сухого вещества, % от контроля 1 ( $\bar{x} \pm S_x$ )					
	надземная часть			корни		
	10-е сутки	14-е сутки	21-е сутки	10-е сутки	14-е сутки	21-е сутки
Контроль 2	50,2 ± 0,31	51,3 ± 0,44	52,1 ± 0,35	59,4 ± 0,46	60,4 ± 0,38	58,0 ± 0,43
Эпин – экстра 0,025 мг/л	55,7 ± 0,25	56,2 ± 0,33	56,9 ± 0,25	57,7 ± 0,46	58,6 ± 0,25	56,8 ± 0,35
Эпин – экстра 0,05 мг/л	62,0 ± 0,30	64,3 ± 0,25	65,0 ± 0,52	65,8 ± 0,38	66,3 ± 0,43	66,0 ± 0,30
Эпин – экстра 0,1 мг/л	57,1 ± 0,35	58,0 ± 0,47	58,9 ± 0,44	59,2 ± 0,35	60,4 ± 0,45	59,8 ± 0,24
Эпин – экстра 0,2 мг/л	50,4 ± 0,35	51,2 ± 0,44	51,0 ± 0,25	57,5 ± 0,43	60,1 ± 0,30	59,4 ± 0,54

Примечание к таблице: разница средних значений контроля и опыта достоверна при  $P \leq 0,01$  для всех вариантов.



Предпосевная обработка растений пшеницы исследуемым препаратом концентрации 0,05 мг/л оказывает наибольшее влияние на накоплении массы сухого вещества, в сравнении со всеми применяемыми концентрациями. На 10-е сутки выращивания побеговая система опытных растений на 11,8 % отличается от контрольных, по содержанию массы сухого вещества. У 14-дневных растений разница между опытными и контрольными растениями по изучаемому параметру достигает 6,9 %.

Установлено, что оптимальной концентрацией, которая стимулирует накопление массы сухого вещества корней растений пшеницы в условиях пониженной температуры является 0,05 мг/л. При использовании данной дозы препарата Эпин-экстра масса сухого вещества корней уже на 10-й день после предпосевного замачивания у опытных растений превышает данный показатель у контрольных растений на 6,4 %. Данный эффект влияния регулятора роста сохраняется и на 14-й день. Масса сухого вещества корней опытных растений на 5,9 % превышает массу сухого вещества корней контрольных растений.

Изучение других концентраций препарата Эпин-экстра показало, что 0,1 мг/л и 0,2 мг/л концентрации регулятора роста положительно влияют на накопление массы сухого вещества корней 10–21-дневных растений пшеницы.

Таким образом, в результате проведенных нами исследований по влиянию различных концентраций препарата Эпин-экстра на увеличение массы сырого и сухого вещества растений пшеницы сорта Трипольская, выращенных в условиях пониженной почвенной влажности, нами установлено стимулирующее влияние различных доз препарата. При этом оптимальной концентрацией является 0,05 мг/л.

При изучении влияния регулятора роста Эпин – экстра на содержание растворимых сахаров в листьях установлено, что оба исследуемых препарата оказывают положительное влияние на накопление редуцирующих сахаров (табл. 3).

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что воздействие на растения пшеницы низких положительных температур способствует накоплению в листьях растворимых сахаров. Так, если в контрольном варианте (контроль 1;  $t + 25^{\circ}\text{C}$ ) содержание водорастворимых сахаров составляло 2,1 % в пересчете на массу сухого вещества, то под воздействием гипотермии (контроль 2;  $t + 4^{\circ}\text{C}$ ) содержание растворимых сахаров увеличивается в 5,8 раз, что свидетельствует об адаптационных процессах, протекающих у растений и формировании холодоустойчивости.

Установлено, что предпосевное замачивание в различных концентрациях регуляторов роста Эпин – экстра способствует накоплению в листьях растворимых сахаров. Наилучший эффект установлен нами при использовании стимулятора роста в концентрации 0,05 мг/л. Предпосевное замачивание с использованием данной дозы препарата способствует накоплению простых сахаров в 3,0 раза больше, по сравнению с естественным закаливанием (см. табл. 3).

Предпосевное замачивание семян в различных растворах регулятора роста Эпин – экстра способствовало накоплению в листьях пшеницы растворимых сахаров при гипотермии в большей степени, по сравнению с контролем.

Установлено, что регулятор роста Эпин – экстра способствует накоплению растворимых сахаров при использовании всех испытанных концентраций. Так, например, при использовании 0,025 мг/л регулятора роста количество растворимых сахаров в условиях гипотермии повышается в 1,6 раз, по сравнению с контролем 2; 0,1 мг/л – в 2,0 раза, а 0,2 мг/л – в 1,6 раз, соответственно (см. табл. 3).

**Таблица 3.**  
**Влияние препарата Эпин–экстра на содержание водорастворимых углеводов в листьях *Triticum aestivum* L. при низкой положительной температуре**

Варианты опыта	Содержание водорастворимых углеводов, % от абсолютно сухого веса ( $\bar{x} \pm S_x$ )
Контроль 1	2,1 ± 0,05
Контроль 2	12,2 ± 0,2
Эпин–экстра 0,025 мг/л	19,7 ± 0,6**
Эпин–экстра 0,05 мг/л	36,8 ± 1,7**
Эпин–экстра 0,1 мг/л	24,1 ± 0,8**
Эпин–экстра 0,2 мг/л	19,2 ± 0,8*

*Примечание к таблице:* звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем 2 при \* $P \leq 0,05$ , \*\* $P \leq 0,01$ ; н/д – разница не достоверна.

Эффект стимулирующего влияния регулятора роста Эпин – экстра в условиях гипотермии может быть связан с перестройками в содержании и соотношении эндогенных фитогормонов. Механизм действия brassinosterоидов заключается в их влиянии на активность ферментов, в стимуляции синтеза нуклеиновых кислот и белков, в том числе стрессовых, в регуляции метаболизма жирных кислот и аминокислот, во влиянии на гормональный статус растительного организма. Все эти изменения в условиях холодового стресса способствуют переключению функциональной активности клеток с программы обычного развития (ростовой и онтогенетической) на адаптивную, а после прекращения действия холодового стресса – к обратному переключению программ и стимулированию ростовых процессов.

В результате проведенных экспериментов установлено, что под влиянием низкой положительной температуры в листьях растений пролина накапливается в значительных количествах, превышающих контрольный вариант, в котором растения выращивались при нормальных температурного режима.

Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что у опытных растений в условиях холодового стресса содержание пролина превышает в 4,1 раз его содержание у растений, выращенных при оптимальной температуре. Увеличение содержания пролина наблюдали у растений, выращиваемых в условиях низкой положительной температуры.

Синтетический регулятор роста Эпин–экстра оказывает ингибирующее действие на накопление пролина в листьях пшеницы в условиях пониженной температуры. Так при применении оптимальной концентрации Эпин–экстра

0,05 мг/л содержание пролина уменьшилось в 1,3 раза в сравнении с вариантом, выращенным в условиях низкой положительной температуры (контроль 2).

**Таблица 4.**  
**Влияние регулятора роста Эпин-экстра на содержание пролина, мг/г сухого вещества**

Вариант опыта	Содержание пролина, мг/г сухого вещества	% к контролю 1
Контроль 1	0,51 ± 0,01	100,0
Контроль 2	2,1 ± 0,02	411,8
Эпин–экстра 0,025 мг/л	1,8 ± 0,01	352,9
Эпин–экстра 0,05 мг/л	1,6 ± 0,03	313,7
Эпин–экстра 0,1 мг/л	1,3 ± 0,02	254,9
Эпин–экстра 0,2 мг/л	1,9 ± 0,03	372,5

*Примечание к таблице:* Указаны средние ± стандартная ошибка средней; звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при \*P≤0,05; \*\*P≤0,01; \*\*\*P≤0,001.

Таким образом, анализируя полученные данные по изучению влияния препарата Эпин–экстра на содержание свободного пролина в листьях пшеницы в условиях холодового стресса на ранних этапах онтогенеза можно сделать вывод, что исследуемый регулятор роста оказывают стимулирующее влияние на данный показатель. Наилучший эффект установлен нами при использовании Эпин – экстра в концентрации 0,05 мг/л. Предварительное замачивание семян пшеницы в растворе изучаемого экзогенного эпибрасинолида будет способствовать повышению их посевных качеств, а также способствовать формированию проростков, обладающих большей стрессоустойчивостью, по сравнению с контрольными растениями.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено положительное действие экзогенного эпибрасинолида на *Triticum aestivum* L. при низкой положительной температуре.
2. Показано, что у опытных вариантов с использованием оптимальной концентрации экзогенного эпибрасинолида по сравнению с контрольными масса сырого вещества – на 29,4 %, а масса сухого вещества – на 25,7 %, соответственно.
3. Установлено положительное влияние влияния экзогенного эпибрасинолида на содержание редуцирующих сахаров в листьях пшеницы при низкой положительной температуре. При гипотермии содержание простых сахаров в листьях у опытных вариантов с использованием оптимальных концентраций Эпин-экстра достоверно возрастает в среднем в 3,0 раза, по сравнению с контролем.
4. Показано, что в условиях низкой положительной температуры в листьях опытных растений пшеницы, обработанных 0,05 мг/л раствором регулятора

роста, снижается содержание пролина в среднем в 1,3 раза по сравнению с контрольными растениями.

#### Список литературы

1. Бугара А. М. Влияние препарата «Geoplus» на устойчивость к засолению и засухе растений кукурузы на ранних этапах онтогенеза / А. М. Бугара, С. Н. Кабузенко, А. В. Омельченко // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2006. – Т. 19 (58), № 1. – С. 3–7.
2. Балнокин Ю. В. Значение солевого обмена в солеустойчивости растений. Проблемы солеустойчивости растений; под ред. акад. ВАСХНИЛ А. И. Имамалиева / Ю. В. Балнокин, Б. П. Строганов – Ташкент: «ФАН» Узбекской ССР, 1989. – С. 45–64.
3. Балнокин Ю. В. Растения в условиях стресса // Физиология растений: учебник для студ. Вузов / под ред. И. П. Ермакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 431 с.
4. Веселов Д. С. Реакция растений на засоление и формирование солеустойчивости / Д. С. Веселов, И. В. Маркова, Г. Р. Кудоярова // Успехи современной биологии. – 2007. – Т. 127, №5. – С. 482–493.
5. Маевская С. Н. Реакция антиоксидантной и осмопротекторной систем проростков пшеницы на засуху и регидратацию / С. Н. Маевская, М. К. Николаева // Физиология растений. – 2013. – Т.60, № 3. – С. 351–359.
6. Николаев Е. В. Устойчивое функционирование аграрной отрасли Крыма в условиях рыночной экономики / Е. В. Николаев. – Симферополь, 2004. – 48 с.
7. Шевелуха В. С. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве / В. С. Шевелуха, В. М. Ковалев, Л. Г. Груздев // Вестник с.-х. науки. – 1985. – № 9. – С. 57–65.
8. Прусакова Л. Д. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л. Д. Прусакова, Н. Н. Малеванная, С. Л. Белопухов, В. В. Вакуленко // Агрехимия. – 2005. – № 11. – С. 76–86.
9. Чмелева С. И. Влияние препарата Мивал-Агро на ростовые процессы растений пшеницы на ранних этапах онтогенеза / С. И. Чмелева, Е. Н. Кучер, Г. В. Решетник // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2013. – Вып.9. – С. 206–214.
10. Козлов Ю. В. Влияние обработки семян пшеницы регуляторами роста и протравителями на урожайность растений к болезням / Ю. В. Козлов, Е. М. Дьяченко // Международная научно-практическая конференция «Активизация роли молодых ученых – путь к формированию инновационного потенциала АПК», 17–26 октября 2009 г.: Смоленск: тез. докл. – Смоленск, 2009. – С. 75–78.
11. Медведев Г. А. Влияние биологически активных веществ на урожайность сортов ярового пшеницы на каштановых почвах Волго-Донского междуречья / Г. А. Медведев, И. Г. Камышанов // Известия Нижневолжского агро-университетского комплекса. – Волгоград, ВГСХА «Нива». – 2006. – № 4. – С. 50–54.
12. Ferris S. D. Loss of duplicate gene expression after polyploidization / S. D. Ferris, G. S. Whitt // Nature. – 1977. – P. 258–260.
13. Дише З. Общие цветные реакции: методы химии углеводов / З. Дише. – М: Мир, 1967. – С. 21–24.

**ADAPTIVE ACTION OF EXOGENOUS EPIBRASSINOLIDE ON *TRITICUM AESTIVUM* L. UNDER LOW POSITIVE TEMPERATURE**

*Chmeleva S. I., Sidyakin A. I., Dzheldubaeva E. R., Tumanyants K. N., Yarmolyuk N. S.*

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

One of the promising and environmentally friendly complex preparations is Epin-Extra, based on epibrassinolide. Epin-Extra is a plant growth and development regulator with strong growth-stimulating activity. The active ingredient, epibrassinolide, belongs to the class of brassinosteroids, natural plant hormones.

The effect of this preparation on the growth and development of cereals under low temperature conditions is not well studied, which is of great interest both theoretically and practically.

In this study, the aim was to determine the adaptogenic effect of exogenous epibrassinolide on *Triticum aestivum* L. under low positive temperature.

The seeds and plants of winter wheat variety *Triticum aestivum* L. CV were used as the material for the study.

To determine the dry matter content, the plant material was dried in a thermostat to a constant weight and weighed.

The content of reducing sugars was determined by the photoelectrocolorimetric method in fourteen-day-old plants.

The determination of free proline was performed using the ninhydrin reaction. The proline concentration was determined using a calibration graph. The results were expressed in milligrams per cent on dry matter.

As a result, the positive effect of exogenous epibrassinolide on *Triticum aestivum* L. under low positive temperature was established. It was shown that in the experimental variants with the optimal concentration of exogenous epibrassinolide, compared to the control, the raw material mass increased by 29.4 %, and the dry matter mass increased by 25.7 %, respectively. The positive influence of exogenous epibrassinolide on the content of reducing sugars in wheat leaves under low positive temperature was established. Under hypothermia, the content of simple sugars in the leaves of the experimental variants treated with optimal concentrations of Epin-Extra significantly increased on average by 3.0 times compared to the control. It was shown that under low positive temperature conditions, the content of proline in the leaves of experimental wheat plants treated with a 0.05 mg/l solution of the growth regulator decreased on average by 1.3 times compared to the control plants. Preliminary soaking of wheat seeds in a solution of the studied exogenous epibrassinolide will contribute to the improvement of their sowing quality and the formation of seedlings with greater stress resistance compared to the control plants.

Thus, analyzing the obtained data on the study of the effect of the Epin-Extra drug on the content of free proline in wheat leaves under cold stress conditions in the early stages of ontogenesis, it can be concluded that the investigated growth regulator has a stimulating effect on this indicator. The best effect was observed when using Epin-Extra at a concentration of 0.05 mg/l. Pre-soaking wheat seeds in a solution of the studied

exogenous epi-brassinolide will contribute to an increase in their sowing qualities, as well as promote the formation of seedlings with greater stress resistance compared to control plants.

**Keywords:** epibrassinolide, *Triticum Aestivum* L., adaptogenic action.

### References

1. Bugara A. M., Kabuzenko S. N., Omelchenko A. V. Effect of the preparation "Geoplus" on resistance to salinity and drought of maize plants at early stages of ontogenesis, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Tauride National University. Series: Biology, Chemistry*, **19 (58)**, 1, 3 (2006).
2. Balnokin Yu.V., Stroganov B.P. *Significance of salt metabolism in salt tolerance of plants. Problems of salt tolerance of plants; ed. by Acad. VASKHNIL A.I. Imamaliyev*, 45 (Tashkent: "FAN" Uzbek SSR, 1989).
3. Balnokin Yu. V. *Plants under stress, Plant Physiology: textbook for students*. Universities, ed. by I. P. Ermakov, 431 p. (Moscow: Publishing Center "Academy", 2005).
4. Veselov D. S., Markova I. V., Kudoyarova G. R. Reaction of plants to salinization and formation of salt tolerance, *Uspekhi sovremennoi biologii*, **127**, 5, 482 (2007).
5. Maevskaya S. N., Nikolaeva M. K. Response of antioxidant and osmoprotective systems of wheat seedlings to drought and rehydration, *Plant Physiology*, **60**, 3, 351 (2013).
6. Nikolaev E. V. *Sustainable functioning of the agrarian industry of Crimea in the conditions of market economy*, 48 p. (Simferopol, 2004).
7. Shevelukha V. S., Kovalev V. M., Gruzdev L. G. Plant growth regulators in agriculture, *Bulletin of Agricultural Science*, **9**, 57 (1985).
8. Prusakova L. D. Malevannaya N. N., Belopukhov S. L., Vakulenko V. V. Plant growth regulators with anti-stress and immunoprotective properties, *Agrochemistry*, 11, 76 (2005).
9. Chmeleva S. I., Kucher E. N., Reshetnik G. V. Effect of Mival-Agro preparation on growth processes of wheat plants at early stages of ontogenesis, *Ecosystems, their optimization and protection*, **9**, 206 (2013).
10. Kozlov Yu. V., Dyachenko E. M. *Effect of wheat seed treatment with growth regulators and protectants on plant yield to diseases*, International Scientific and Practical Conference "Activation of the role of young scientists – the way to the formation of innovative potential of agroindustrial complex", October 17-26, 2009, 75 (Smolensk: abstracts - Smolensk, 2009).
11. Medvedev G. A., Kamyshanov I. G. Influence of biologically active substances on the yield of spring wheat varieties on chestnut soils of the Volga-Don interfluvium, *Izvestia Nizhnevolzhskogo agro-university complex*, **4**, 50 (Volgograd, VGSKHA "Niva", 2006).
12. Ferris S. D., Whitt G. S. Loss of duplicate gene expression after polyploidization, *Nature*, 258 (1977).
13. Dishe Z. *General color reactions: methods of carbohydrate chemistry*, 21 (M: Mir, 1967).

УДК 57.084: 547.19

## ВАЗОТРОПНАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДНЫХ ИЗВЛЕЧЕНИЙ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНЫХ ХЕМОТИПОВ *MENTHA L.*

Чуян Е. Н.<sup>1</sup>, Миронюк И. С.<sup>1</sup>, Раваева М. Ю.<sup>1</sup>, Семенова Е. Ф.<sup>1</sup>, Каширина Н. А.<sup>2</sup>,  
Ливенцов С. Ю.<sup>1</sup>, Александрова Н. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биохимических технологий, экологии и фармации ФГАОУ ВО «Крымский  
федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

<sup>2</sup>ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,

Симферополь, Республика Крым, Россия

E-mail: i. mironyuk92@mail.ru

В работе исследовалась вазотропная активность фармацевтически активных компонентов водных извлечений из различных хемотипов *Mentha L.* (ментольного – сорт Ажурная, создан свободным переопылением стерильного по мужской линии полиплоида *Mentha canadensis L.* К 59 (4n) с коллекционными формами дикорастущих видов, карвонного – сорт Прилукская карвонная *Mentha canadensis L.* 2.9.76 x *M. longifolia L.* №6 и линалоольного – сорт Бергамотная (*Mentha citrata Ehrh.* К 66 (4n) x *M. longifolia L.* X<sub>1</sub>) x *M. spicata L.* 2.8.14), полученных способом гидродистилляции из воздушно-сухого растительного сырья (листья и соцветия) с содержанием эфирного масла 0,018±0,001 % на 40 половозрелых крысах-самцах линии *Wistar* массой 180–200 г., характеризующихся средней двигательной активностью и низкой эмоциональностью в тесте «открытого поля». Установлено, что под влиянием фармацевтически активных компонентов водных извлечений из карвонного и линалоольного хемотипов у экспериментальных животных развивалась вазодилатация кожных микрососудов и снижение артериального давления после 14-кратного введения, что, по-видимому, связано с накопительным эффектом действия компонентов тестируемых субстанций.

**Ключевые слова:** вазотропная активность; кожная микроциркуляция; артериальное давление; фармакологически активные компоненты эфирного масла мяты.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время поиск новых природных лекарственных средств, отвечающих современным требованиям безопасности, и разработка на их основе эффективных препаратов растительного происхождения являются приоритетными направлениями фармакогнозии, физиологии, медицины. Именно фитопрепаратам отведена большая роль в реализации стратегии Российской Федерации лекарственного обеспечения населения на период до 2025 г [1]. Это связано с тем, что химический состав растений чрезвычайно разнообразен, в него входят важнейшие биологически активные соединения (БАС), обладающие фармакологической и терапевтической активностью.

Среди эфиромасличных растений важное и перспективное значение имеет *Mentha L.*, которая включает не менее 18 видов и активно используется в медицинской, парфюмерной, фармацевтической и пищевой промышленности [2] в связи с высоким содержанием БАС (фенолкарбоновые кислоты и их производные,

флавоноиды, дубильные вещества, фенольные кислоты, катехин, эфирные масла (ЭМ, витамины), что определяет широкий спектр потенциальной фармацевтической активности этого растения. ЭМ мяты обладает антибактериальным, фунгицидным, противовоспалительным, болеутоляющим, спазмолитическим, противорвотным, желчегонным, потогонным и антиоксидантным действиями, входит в состав средств, помогающих при лечении астмы, бронхитов, мигреней, нарушений пищеварения, укачиваний, заболеваний печени и мышц [3–5].

В связи с вышеизложенным, изучение биологической эффективности БАС мяты несомненно актуально с целью расширения ассортимента используемого растительного сырья и создания на его основе препаратов природного происхождения.

Известно, что все жизненно важные процессы в человеческом организме напрямую зависят от системы микроциркуляции (МЦ), которая является не только интегральной частью всех тканей и органов, обеспечивая их нормальное функционирование, но и важнейшим источником информации о состоянии физиологических систем и всего организма в целом, что позволяет использовать ее параметры для оценки общего функционального состояния организма, в том числе при различных патологических состояниях [6]. Лидирующие позиции в исследованиях МЦ занимают идеи о её возрастающей роли в развитии адаптационных реакций организма к факторам среды, в том числе химической природы растительного и синтетического происхождения.

Поэтому **целью** настоящего исследования явились оценка изменений показателей МЦ и выявление вазотропной активности фармацевтически активных компонентов водных извлечений из различных хемотипов *Mentha L.*

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

**Материалом для исследования** служили 3 образца (фармацевтические субстанции, ФС) водных растворов ЭМ мяты различных хемотипов (**ментольного** – сорт Ажурная, созданный свободным переопылением стерильного по мужской линии полиплоида *Mentha canadensis L. K 59 (4n)* с коллекционными формами дикорастущих видов; **карвонного** – сорт Прилуцкая карвонная *Mentha canadensis L. 2.9.76* x *M. longifolia L. №6* и **линалоольного** – сорт Бергамотная (*Mentha citrata Ehrh. K 66 (4n)* x *M. longifolia L. X<sub>1</sub>*) x *M. spicata L. 2.8.14*), полученных способом гидродистилляции из воздушно-сухого растительного сырья (листья и соцветия) с содержанием эфирного масла  $0,018 \pm 0,001 \%$  [7]. Исследование состава ЭМ проводилось на газовом хроматографе модели «Кристалл 5000.2» методом нормализации в программе «Хроматэк аналитик 2.6» [8].

Химический состав образцов ЭМ трех хемотипов мяты существенно отличался содержанием главных компонентов: в ментольном хемотипе (ФС1) – ментол (58,56 %), ментон (20,23 %); в карвонном (ФС2) – карвон (55,96 %), лимонен (15,61 %); в линалоольном (ФС3) – линалоол (63,80 %), линалилацетат (20,83 %) (табл. 1).

Экспериментальная часть работы выполнена в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика» кафедры физиологии человека и животных и биофизики ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского».



Таблица 1.  
Качественный и количественный состав основных компонентов эфирного масла мяты различных хемотипов, %

Компонент	ФС 1 (Ажурная), X±Sx	ФС 2 (Прилукская карвонная), X±Sx	ФС 3 (Бергамотная), X±Sx
лимонен	0,458±0,027	15,608±1,127	0,134±0,093
ментон	20,231±0,362	1,631±0,475	0,319±0,130
линалоол	0,108±0,014	0,096±0,018	63,797±1,121
линалилацетат	0,283±0,074	0,146±0,071	20,828±0,396
ментол	58,561±0,791	10,468±4,075	1,592±0,211
карвон	1,076±0,65	55,960±2,449	1,082±0,18

Все процедуры, выполненные с участием экспериментальных животных, соответствовали ГОСТ Р 53434-2009 [9], этическим стандартам, утвержденным правовыми актами РФ, принципам Базельской декларации и рекомендациям этического комитета по биоэтике ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (протокол № 10 от 06.12.2022 г.) и проводили согласно правилам лабораторной практики при проведении доклинических исследований [10]. План эксперимента составлен таким образом, чтобы сократить количество животных, используемых в исследованиях и ограничить вред, причиняемый животным во время экспериментов до минимума в соответствии с концепцией «3Rs» (reduction, refinement and replacement: замена, сокращение и усовершенствование), представленной в «The Principles of Human Experimental Technique» W.M.S. [11]. Данный подход исключает серьезную этическую проблему, связанную с физическими и/или психологическими страданиями животных.

Крысы («ФГУП «Питомник лабораторных животных «Рапполово») содержались в условиях вивария с естественным свето-темновым циклом при температуре 18–22°C на подстилке на основе початков кукурузы (ООО «Зилубаг», Россия), со свободным доступом к воде и полноценному гранулированному корму ЛБК-120 (ЗАО «Тосненский комбикормовый завод», Россия).

**Дизайн эксперимента** (рис. 1). Исследование вазотропной активности фармацевтически активных компонентов водных извлечений из различных хемотипов *Mentha L.* проводили на 40 половозрелых крысах-самцах линии *Wistar* массой 180–200 г., характеризующихся средней двигательной активностью и низкой эмоциональностью в тесте «открытого поля» (определяли с помощью актиметра (IR Actimeter, Pan Lab Harvard Apparatus», Испания) с двумя инфракрасными рамками, выполняющими роль датчиков движений и программным обеспечением Actitrack 2.0 (Pan Lab Harvard Apparatus», Испания)), у которых, как показали наши и другие исследования [12], развивается типичная реакция на действие факторов разнотипной природы, в том числе химической, что позволяет минимизировать количество животных в экспериментальной группе.

В каждую группу (контрольную (1) и экспериментальные (2–4)) было отобрано по 10 крыс.



Рис. 1. Дизайн экспериментального исследования

Введение тестируемых фармацевтически активных компонентов водных извлечений из различных хемотипов *Mentha L.* животным осуществляли внутривенно ежедневно в течение 14 дней: группа 2 – ФС1; группа 3 – ФС2; группа 4 – ФС3 в дозе 2,5 мл/кг в утреннее время (9.00 – 11.00 по МСК). Животным 1 группы (биологический контроль) вводили физраствор в той же дозе.

У животных всех групп до введения (фон) и на 1, 7, 14 сутки наблюдения через 30 минут после введения тестируемых образцов регистрировали систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД, мм рт. ст.) с помощью системы NIBP200A («Biopac Systems, Inc.», США) с программным обеспечением «AcqKnowledge 4.2 for MP150». Датчик для измерения АД (ircuffsensor 9.5) устанавливался на проксимальном конце хвоста крысы (рис. 1).

Показатели кожной МЦ регистрировали методом лазерной доплеровской флуометрии (ЛДФ) с помощью лазерного анализатора кровотока «ЛАЗМА-МЦ-1» (производство НПП «Лазма», Россия). Важной особенностью данного метода является возможность проведения измерений микрокровотока *in vivo* и бесконтактно, получения большого количества параметров измерений, что позволяет проводить мониторинги, в том числе, и при действии факторов химической природы [13, 14]. Оптоволоконный зонд прибора фиксировали тканевым пластырем перпендикулярно у основания хвоста крысы (рисунок 1).

После облучения кожного покрова когерентным лазерным излучением с последующей регистрацией интенсивности обратно отраженного излучения от статичных и подвижных структур ткани, аналоговой и цифровой обработки данных с использованием программы LDF 2.20.0.507WL, определяли значения неосцилляторных показателей базального кровотока: показатель перфузии (ПМ, перф. ед.), среднее квадратичное отклонение (флакс,  $\sigma$ , перф. ед.), коэффициент вариации (Кв, %).

С помощью вейвлет-анализа ЛДФ-сигнала определяли амплитуды колебаний кровотока разных частотных диапазонов [13]. Амплитудно-частотные характеристики осцилляций кожного кровотока приведены в работе [13, 14], однако у крыс имеют определенные особенности [15].

На основании зарегистрированных амплитуд колебаний кровотока рассчитывали нейрогенный (НТ) и миогенный (МТ) тонусы [13, 14]:

$$\text{НТ} = \sigma * \text{АДср.} / \text{Ан} * \text{ПМ}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение показателя микроциркуляции, АДср. – среднее артериальное давление, Ан – значение амплитуды колебаний перфузии в нейрогенном диапазоне.

$$\text{МТ} = \sigma * \text{АДср.} / \text{Ам} * \text{ПМ}, \quad (2)$$

где Ам – значение амплитуды колебаний перфузии в миогенном диапазоне.

Среднее артериальное давление у животных (АДср., мм рт. ст.) рассчитывали по формуле:

$$\text{АДср.} = \text{ДАД} + 1/3(\text{САД} - \text{ДАД}) \quad (3)$$

Сумму  $\text{Амах}$  в эндотелиальном, нейрогенном, миогенном и пульсовом частотных диапазонах расценивали как мощность механизмов, обеспечивающих приток крови в микроциркуляторное русло по формуле [13]:

$$\Sigma \text{А}_{\text{max}} = \text{Аэ} + \text{Ан} + \text{Ам} + \text{Ас}, \quad (4)$$

где  $\text{Аэ}$  – значение амплитуды колебаний перфузии в эндотелиальном диапазоне;  $\text{Ас}$  – значение амплитуды колебаний перфузии в пульсовом (сердечном) диапазоне.

В ЛДФ-грамме изменение амплитуды колебаний перфузии в дыхательном диапазоне ( $\text{Ад}$ ) обусловлено периодическими колебаниями давления в венозном отделе МЦ, что позволяет определить соотношение притока крови к венозному оттоку ( $\text{С}$ ) по формуле [13, 14]:

$$\text{С} = \Sigma \text{А}_{\text{max}} / \text{Ад}. \quad (5)$$

Статистическую и графическую обработку экспериментальных данных осуществляли с помощью программ «Statistica 8.0» (StatSoft, США), «Microsoft Excel 2007». Проверку распределения данных на нормальность проводили с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Поскольку в ходе проведения эксперимента было выяснено, что распределение данных у большинства экспериментальных групп не соответствовало нормальному распределению, статистическую значимость различий между группами оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна – Уитни. В качестве уровня значимости использовали  $p < 0,05$ . Значения показателей в % рассчитаны относительно значений контрольной группы, принятых за 100 %.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, у животных контрольной группы на протяжении 14-дневного наблюдения значения исследуемых показателей АД и МЦ были в пределах физиологической нормы и согласуются с результатами наших предыдущих исследований [12].

Под влиянием исследуемых образцов водных извлечений из различных хемотипов *Mentha L.* наблюдались определенные изменения показателей тканевой МЦ и АД, которые зависели как от состава тестируемых ФС, так и от продолжительности их введения. Так, после **1 – 7-кратного введения** тестируемых ФС статистически значимых изменений значений исследуемых показателей относительно таковых в контрольной группе животных не зарегистрировано ( $p \geq 0.05$ ) (рис. 2).

После **14-кратного введения** ФС1 статистически значимые изменения исследуемых вазотропных параметров также отсутствовали (рис. 2 – А; 3).

Реакция микрососудов кожи в ответ на 14-кратное введение ФС2 и ФС3 заключалась в достоверном изменении активности практически всех компонентов регуляции МЦ (рис. 2 –Б, В). Так, ЛДФ-метрия тонусформирующих факторов регуляции МЦ показала, что после введения животным ФС2 и ФС3 зарегистрировано однонаправленное статистически значимое увеличение амплитуд эндотелиального ритма (Аэ) на 30.36 % и 39.57 % ( $p < 0.05$ ) соответственно относительно значений в контрольной группе животных соответственно (рис. 3).

Известно, что Аэ отражают воздействие гуморально-метаболических факторов на микрососуды и синхронизированы с периодическим релизингом оксида азота (NO) эндотелием сосудов, который играет важную вазодилатирующую роль и обеспечивает физиологическую регуляцию тонуса гладких мышц сосудов [13, 15]. Поэтому наблюдаемое увеличение амплитуды Аэ, зарегистрированное при введении животным ФС2 и особенно ФС3, свидетельствует об увеличении базального уровня секреции NO, способствующего вазодилатации микрососудов.

Подтверждением этому является и повышение в ЛДФ-граммах крыс 3 и 4 групп амплитуд колебаний эндотелиально-независимого происхождения. Так, амплитуды нейрогенных осцилляций (Ан) возросли на 39.44 % и 56.00 % ( $p < 0.05$ ) соответственно относительно значений в контроле (рис. 3). Волны нейрогенного генеза локализуются на гладкомышечных стенках микрососудов и отражают активность со стороны симпатических адренергических нервных волокон [13, 14]. Следовательно, рост Ан в ЛДФ-граммах крыс после введения им ФС2 и ФС3 свидетельствует об ограничении вазоконстрикторного контроля артериолярного тонуса симпатическими нервами и увеличении нутритивного кровотока, что подтверждается снижением НТ прекапиллярных резистивных микрососудов на 66.75 % и 79.49 % ( $p < 0.05$ ) соответственно по сравнению с контрольной группой животных (рис. 2 – Б, В).

Амплитуды миогенных осцилляций (Ам) у животных 3 и 4 групп также статистически значимо увеличились на 21.54 % и 39.55 % ( $p < 0.05$ ) соответственно относительно значений в контроле (рис. 3), что сопровождалось и статистически значимым снижением МТ (на 60.90 % и 70.81 %;  $p < 0.05$ ) (рис. 2 – Б, В). Известно, что миогенные осцилляции регистрируются не только на уровне

сфинктеров, но и на более проксимальных артериолах и обусловлены периодической активностью гладкомышечных волокон артериол, приводя к изменению диаметра их просвета (вазомоции) и направленному току крови из артериол в капиллярное русло, а также коррелируют с числом функционирующих капилляров [13, 14].

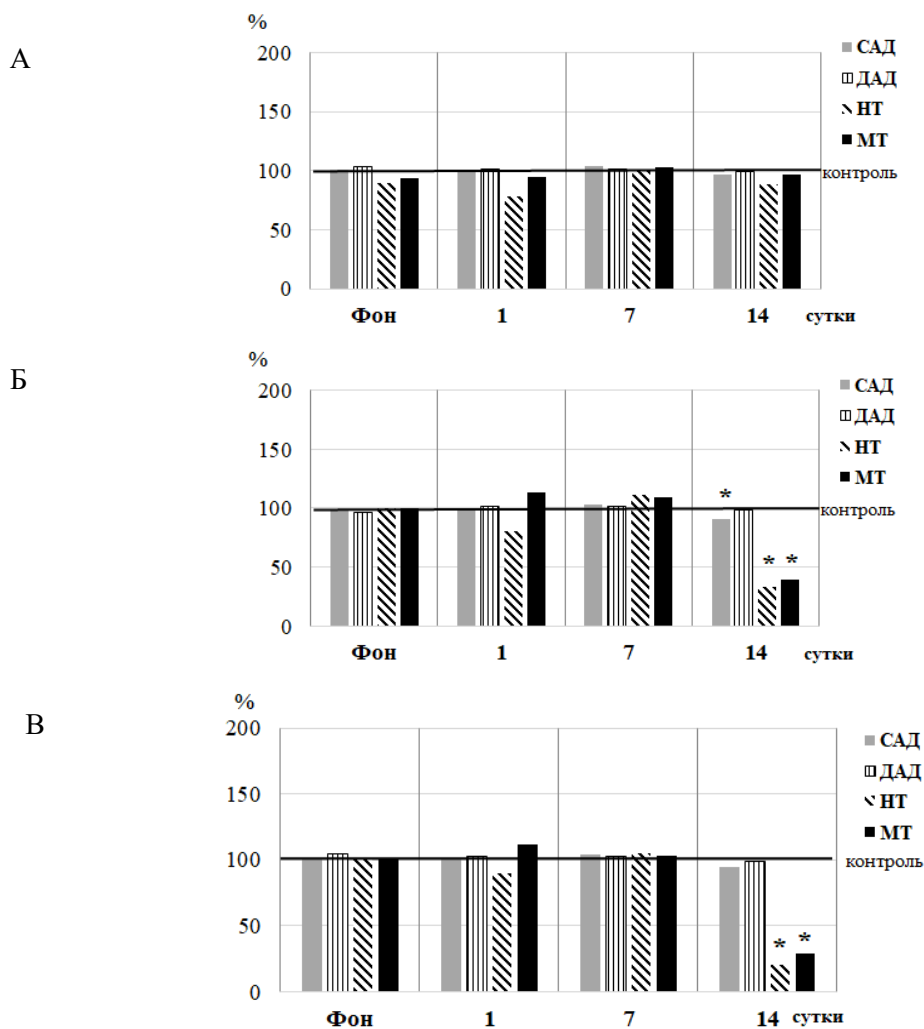


Рис. 2 Динамика систолического (САД) и диастолического артериального давления (ДАД), нейрогенного (НТ) и миогенного (МТ) тонусов микрососудов крыс до (фон), после 1-, 7- и 14-кратного введения ФС1 (А), ФС2 (Б) и ФС3 (В) (в % относительно значений в контрольной группе животных, принятых за 100 % и обозначенных на диаграммах горизонтальной линией).

Примечания: \* – уровень достоверности различий относительно значений показателей в контрольной группе животных по критерию Манна-Уитни.

Выявленные изменения со стороны регуляторных механизмов МЦ на 14 день наблюдения у животных 3 и 4 групп при введении тестируемых ФС2 и ФС3 привели и к увеличению ПМ (рисунок 3), отражающего усредненную величину перфузии в капиллярах, артериолах и венулах [13, 14], на 26.89 % и 21.17 % ( $p < 0.05$ ) соответственно относительно значений в контроле, что явилось следствием модуляции микроциркуляторных процессов со стороны активных механизмов регуляции и дилатации микрососудов.

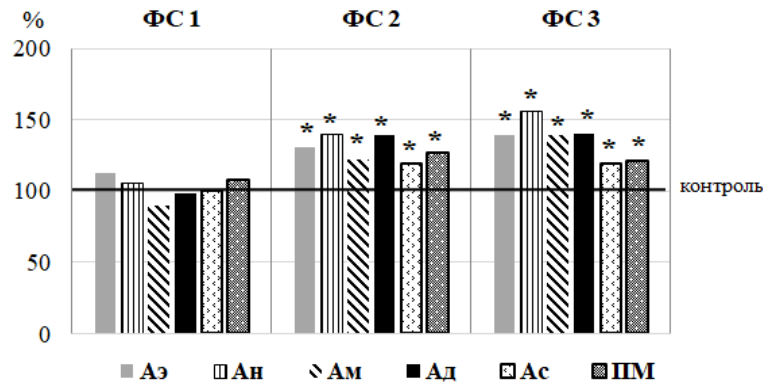


Рис. 3. Амплитуды эндотелиальных (Аэ), нейрогенных (Ан), миогенных (Ам), дыхательных (Ад), пульсовых (Ас) ритмов и показателя микроциркуляции (ПМ) кожной микрогемодинамики крыс после 14-кратного введения ФС1, ФС2 и ФС3 (в % относительно значений в контрольной группе животных, принятых за 100 % и обозначенных на диаграмме горизонтальной линией).

Примечание те же, что на рис. 2.

Уменьшение периферического сопротивления вследствие снижения тонуса сосудов и вазодилатация у животных 3 и 4 групп после 14-кратного введения им ФС2 и ФС3 сопровождались и снижением артериального давления, однако за исключением уменьшения САД на 9.84 % ( $p < 0.05$ ) у крыс 3 группы, остальные изменения не носили статистически значимого характера ( $p \geq 0.05$ ) относительно значений этого показателя у животных в контроле (рис. 2 – Б, В).

В ответ на 14-кратное введение ФС2 и ФС3 наблюдалась также активация компонентов, которые регулируют микрососудистый тонус вне системы МЦ, а именно статистически значимый относительно значений в контроле рост амплитуд сердечных колебаний (пульсовая волна со стороны артерий), величина которых прямо пропорциональна изменению притока крови в системе МЦ за счет пульсового кровенаполнения [13], в среднем на 19.38 % ( $p < 0.05$ ) и дыхательных осцилляций (присасывающее действие «дыхательного насоса» со стороны вен), которые обусловлены периодическими колебаниями давления в венозном отделе МЦ [13], в среднем на 39.90 % ( $p < 0.05$ ) (рис. 3).

В связи с увеличением мощности механизмов, обеспечивающих приток крови, и уменьшением тонуса прекапилляров у животных 3 и 4 групп, которым вводили

ФС2 и ФС3 произошло увеличение притока крови в микрососуды на 26.83 % ( $p < 0.05$ ) и 37.38 % ( $p < 0.05$ ) соответственно от уровня значения этого показателя в контроле. При этом значимых изменений оттока крови в венозном отделе МЦ не наблюдалось (рис. 4).

Таким образом, экспериментально установлено, что введение крысам на протяжении 14-ти дней ФС1, представляющей собой водное извлечение из растительного сырья высокоментольного сорта мяты, преобладающими веществами которого являются ментол и ментон на протяжении всего срока исследования вызвала лишь тенденцию к вазодилатации микрососудов и снижению АД.

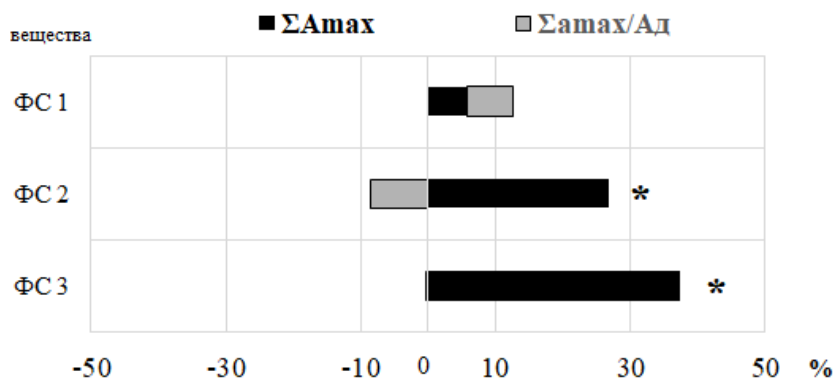


Рис. 4. Изменение притока крови ( $\Sigma A_{max}$ ) и соотношения притока крови к венозному оттоку ( $\Sigma A/A_{д}$ ) в микроциркуляторном русле крыс после 14-кратного введения крысам ФС1, ФС2 и ФС3 относительно значений в контрольной группе животных, принятых за 100 %.

Примечания: те же, что на рисунке 2.

Известно, что ментол — это универсальная молекула со сложным действием на сосудистую систему, которое до сих пор не исследовано. Механизмы, лежащие в основе сосудистого действия ментола, сложны из-за разнообразия клеточных мишеней (действует на сосуды непосредственно в эндотелии и гладких мышцах сосудов, вызывает непрямую сосудистую реакцию через сенсорные волокна, блокирует кальциевые каналы), взаимодействия между сигнальными путями и вариабельности реакций. Показано, что ментол может вызывать как увеличение, так и снижение перфузии *in vivo*, что зависит от расположения анализируемого сосудистого участка и удаленности от места нанесения ментолосодержащего вещества [16]. Появляется все больше доказательств того, что некоторые клеточные мишени ментола участвуют в сердечно-сосудистых заболеваниях, таких как гипертония. Установлено, что действие ментола зависит от дозы и продолжительности воздействия. Сообщается, что у здоровых людей однократное пероральное введение 100 мг ментола не влияет на АД и, следовательно, не вызывает сосудистой реакции [17], однако, более высокая доза (10 мг/кг), вызывает снижение кожной перфузии, при этом АД не изменяется. Напротив, длительный

прием ментола снижает кровяное давление у грызунов с гипертонией [18] и у людей с предгипертензией, увеличивая вазодилатацию, что связано с улучшением функции эндотелия.

Возможно, в наших исследованиях в ФС1 было использовано низкое содержание ЭМ или его основного компонента – ментола, однако, фармацевтические субстанции, содержащие ментол, могут играть важную роль в вазотропных реакциях организма и заслуживают дальнейшего изучения.

Фармацевтически активные компоненты водных извлечений из карвонного (ФС2) и линалоольного (ФС3) хемотипов мяты привели к достоверному увеличению перфузии, метаболической активности эндотелия, снижению жесткости сосудистой стенки резистивных микрососудов вследствие снижения симпатических прессорных влияний, уменьшению тонуса прекапиллярных метартериол вследствие развития мышечной релаксации, вазодилатации, увеличению диаметра прекапилляров и притока крови в микрососуды, что сопровождалось снижением АД. Указанные изменения МЦ и АД у животных 3 и 4 групп зарегистрированы только после 14-кратного введения тестируемых ФС, что, по-видимому, связано с накопительным эффектом действия их компонентов.

Полученные данные дополняют литературные, в которых показано, что карвон *in vitro* и *in vivo* обладает множеством фармацевтических свойств, в том числе антибактериальным, противогрибковым, противопаразитарным, антиоксидантным, противовоспалительным и противоопухолевым действием, установлены некоторые механизмы его действия [19], в то время как действие карвона на сердечно-сосудистую систему практически не изучено, что открывает дальнейшие перспективы исследований.

Согласно данным обзора [20], внутривенное введение линалоола в дозе 200 мг/кг, основное действующее вещество ФС3, снижает кровяное давление у крыс с гипертензией, вероятно, из-за прямого действия на гладкую мускулатуру сосудов, что приводит к вазодилатации и подтверждает наши исследования. Исследования [21] продемонстрировали, что линалоол оказывает прямое действие на сосудистую сеть и индуцирует эндотелий зависимую вазорелаксацию в грудной аорте мышей посредством активации растворимой гуанилилциклазы и калиевых каналов в эндотелии. Установлено также, что линалоол замедляет прогрессирование артериальной гипертензии, уменьшает гипертрофию сердца, улучшает вазодилататорную функцию и уменьшает вазоконстрикцию у крыс со спонтанной гипертензией (SHR), а, следовательно, является потенциальным антигипертензивным веществом [22]. В исследованиях *in vitro* показано, что эндотелий зависимый вазодилатирующий эффект линалоола ЭМ зависит от дозы вещества и типа кровеносных сосудов (сосуды емкостные или сопротивления) [22].

Таким образом, полученные результаты значительно расширяют представление о спектре биологической эффективности фармацевтически активных компонентов водных извлечений из различных хемотипов *Mentha L* и открывают перспективы их дальнейшего исследования.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выявлена вазотропная активность фармацевтически активных компонентов водных извлечений из различных хемотипов *Mentha L.*, которая зависела как от состава тестируемых субстанций, так и от продолжительности их введения.
2. Введение животным водных извлечений из растительного сырья двух хемотипов мяты (карвонного – сорт Прилуцкая карвонная *Mentha canadensis L.* 2.9.76 x *M. longifolia L.* №6 и линалоольного – сорт Бергамотная (*Mentha citrata Ehrh.* К 66 (4n) x *M. longifolia L.* X<sub>1</sub>) x *M. spicata L.* 2.8.14) привело к достоверному увеличению перфузии, метаболической активности эндотелия, снижению жесткости сосудистой стенки резистивных микрососудов вследствие снижения симпатических прессорных влияний, уменьшению тонуса прекапиллярных метартериол вследствие развития мышечной релаксации, вазодилатации, увеличению диаметра прекапилляров и притока крови в микрососуды, что сопровождалось снижением АД. Указанные вазотропные реакции у животных 3 и 4 групп зарегистрированы только после 14-кратного введения тестируемых субстанций, что, по-видимому, связано с накопительным эффектом действия их компонентов.

Работа выполнялась в рамках программы исследования № АААА-А21-121011990099-6 «Физиологические механизмы биологического действия факторов разной природы и интенсивности» на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием «Экспериментальная физиология и биофизика».

## Список литературы

1. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 13 февраля 2013 года N 66 «Об утверждении Стратегии лекарственного обеспечения населения Российской Федерации на период до 2025 года и плана ее реализации».
2. Aksit H. Chemical diversity in essential oil composition of *Mentha longifolia (L.)* Hudson subsp. *typhoides* (Briq.) Harley var. *typhoides* from Turkey / H. Aksit, I. Demirtas, I. Telci // J. of Essential Oil Res. – 2013. – Vol. 25, No 5. – P. 430–437.
3. Ebrahimzadeh M. A. Antioxidant and antihemolytic activities of *Mentha longifolia* / M. A. Ebrahimzadeh // Pharmacology online. – 2010. – Vol. 2. – P. 464–471.
4. Unnithan C. R. Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Mentha longifolia (L.)* of Mekele, Ethiopia / C. R. Unnithan, H. Gebreselassie, U. Sushen // J. of Biol. Sci. Opinion. – 2013. – Vol. 1, No 3. – P. 151–153.
5. Гребенникова О. А. Биологически активные вещества *Mentha Longifolia L.* / О. А. Гребенникова, А. Е. Палий, В. Д. Работягов // Сборник научных трудов ГНБС. – 2018. – Том 146. – С. 146–151. <https://doi.org/10.25684/NBG.scbook.146.2018.22>.
6. Федорович А. А. Микрососудистое русло кожи человека как объект исследования / А. А. Федорович // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2017. – Т. 16 (4). – С. 11–16. <https://doi.org/10.24884/1682-6655-2017-16-4-11-26>.
7. ГОСТ Р 53434-2009 от 02.12.2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики». ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». – 2010. – С. 16.
8. Хабриев Р. У. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Р. У. Хабриев. – М. : Медицина, 2005. – 832 с.
9. Hubrecht R. C. The 3Rs and Humane Experimental Technique: Implementing Change / R. C. Hubrecht, E. Carter // Animals: an open access journal from MDPI. – 2019. – Vol. 9 (10). – P. 754.

10. Государственная фармакопея Российской Федерации / МЗ РФ. XIV изд. – Т.2, Т.4. – Москва, 2018.
11. ГОСТ ISO 7609-2014 Масла эфирные. Анализ методом газовой хроматографии на капиллярных колонках. Общий метод. – 2014.
12. Чуян Е. Н. Изменение показателей микро- и центральной гемодинамики у крыс при действии ацетилсалициловой кислоты и ее координационных соединений с металлами / Е. Н. Чуян, И. С. Миронюк, М. Ю. Раваева, Т. В. Гришина, И. В. Черетаев, С. Е. Чернобай // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2021. – Т. 20(4). – С. 75–86.
13. Крупаткин А. И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров. – М.: Медицина. – 2005. – 254 с.
14. Козлов В. И. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови / В. И. Козлов, Г. А. Азизов, О. А. Гурова, Ф. Б. Литвин – М.: РУДН – 2012. – 31 с.
15. Humeau A. Time-frequency analysis of laser Doppler flowmetry signals recorded in response to a progressive pressure applied locally on anaesthetized healthy rats / A. Humeau, A. Kontka, P. Abraham // Phys Med Biol. – 2004. – V. 49(5). – P. 843–857.
16. Silva H. Current Knowledge on the Vascular Effects of Menthol / H. Silva et. al // Front Physiol. – 2020. – 7 – 11 – 298. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00298>.
17. Ahijevych K. Menthol pharmacology and its potential impact on cigarette smoking behavior / K. Ahijevych // Nicotine & Tobacco Research. – 2004. – Suppl 1(1). – P.17–28.
18. Hunter A. M. Influence of topically applied menthol cooling gel on soft tissue thermodynamics and arterial and cutaneous blood flow at rest / A. M. Hunter, C. Grigson, A. Wade // International Journal of Sports Physical Therapy. – 2018. – Volume 6, Issue Suppl\_1. – P. S17–S28.
19. Bouyahya A. Health Benefits and Pharmacological Properties of Carvone / A. Bouyahya // Biomolecules. – 2021 – 11(12) – 1803. <https://doi.org/10.3390/biom11121803>.
20. Anjos Paulo J. C. Cardiovascular effects induced by linalool in normotensive and hypertensive rats / Paulo J C. Anjos // Z. Nat. C. J. Biosci. – 2013. – № 68. – P. 181–190.
21. Kang P. Linalool elicits vasorelaxation of mouse aortae through activation of guanylyl cyclase and K(+) channels / P. Kang // J Pharm Pharmacol – 2015. – Vol. 67(5). – P.714–719. <https://doi.org/10.1111/jphp.12359>.
22. Camargo S. B. Antihypertensive potential of linalool and linalool complexed with  $\beta$ -cyclodextrin: Effects of subchronic treatment on blood pressure and vascular reactivity / S. B. Camargo // Biochem Pharmacol – 2018. – Vol. 151. – P. 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2018.02.014>

## **VASOTROPIC ACTIVITY OF AQUEOUS EXTRACTS FROM PLANT RAW MATERIALS OF VARIOUS CHEMOTYPES *MENTHA L.***

***Chuyan E. N.<sup>1</sup>, Mironyuk I. S.<sup>1</sup>, Ravaeva M. Yu.<sup>1</sup>, Semenova E. F.<sup>1</sup>, Kashirina N. A.<sup>2</sup>,  
Liventsov S. Yu.<sup>1</sup>, Alexandrova N. V.<sup>1</sup>***

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

<sup>2</sup>*FGBUN "Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea", Simferopol, Crimea, Russia*

*E-mail: i.mironyuk92@mail.ru*

The work investigated the vasotropic effect of pharmacologically active components of aqueous extracts from various chemotypes *Mentha L.* The vasotropic activity of pharmacologically active components of aqueous extracts of chemotypes *Mentha canadensis L.* 2.9.76 x *M. longifolia L.* №6 and (*Mentha citrata Ehrh.* K 66 (4n) x *M. longifolia L.* X<sub>1</sub>) x *M. spicata L.* 2.8.14 was revealed, associated with vasodilation of

cutaneous microvessels, which manifested itself only after their 14-fold administration, which, apparently, is associated with the cumulative effect of the components of these pharmacologically active components.

The study was carried out on the basis of the Center for collective use of scientific equipment "Experimental Physiology and Biophysics" of the Department of Human and Animal Physiology and Biophysics of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University.

The research of the vasotropic effect of the pharmacologically active components of aqueous extracts from various chemotypes *Mentha* L. was carried out during their intraperitoneal injection into rats in doses of 2.5 ml/kg. Simultaneously the following characteristics of all the groups' animals were registered: heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP) and diastolic blood pressure (DBP). The pulse pressure (PP) was calculated on the basis of the SBP and DBP indices difference. BP and HR of the rats were registered with the help of the system NIBP200A («BiopacSystems, Inc.», USA). The research was conducted using the laser Doppler flowmetry method on the Lazma-MC device (manufactured by RPE Lazma, Russia) The introduction of a pharmaceutical substance, which is an aqueous extraction from plant raw materials *Mentha canadensis* L. K 59 (4n) x, the predominant substances of which are menthol and mentone, throughout the entire duration of the study caused only a tendency to decrease heart rate, blood pressure and microcirculation indicators of rats. The introduction of pharmaceutical substance 2 and 3 to animals, which are aqueous extracts from plant raw materials *Mentha canadensis* L. 2.9.76 x *M. longifolia* L. № and (*Mentha citrata* Ehrh. K 66 (4n) x *M. longifolia* L. X<sub>1</sub>) x *M. spicata* L. 2.8.14 after 14-fold administration, led to a significant increase in perfusion, metabolic activity of the endothelium, a decrease in the stiffness of the vascular wall of resistive microvessels due to a decrease in sympathetic pressor effects, a decrease in the tone of precapillary metarterioles due to the development of muscle relaxation, vasodilation and an increase in diameter precapillaries, a decrease in blood pressure, which, apparently, is associated with the cumulative effect of the components of these pharmacological substance.

Thus, the results obtained significantly expand the understanding of the spectrum of vasotropic efficacy of pharmacologically active components of aqueous extracts from various *Mentha* L. chemotypes.

**Keywords:** vasotropic activity, chemotype, cutaneous microhemodynamics, blood pressure, pharmacologically active components of mint essential oil.

#### References

1. Prikaz Ministerstva zdravoohraneniya Rossijskoj Federacii ot 13 fevralja 2013 goda N 66 «Ob utverzhdenii Strategii lekarstvennogo obespecheniya naselenija Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda i plana ee realizacii».
2. Aksit H., Demirtas I., Telci I. Chemical diversity in essential oil composition of *Mentha longifolia* (L.) Hudson subsp. typhoides (Briq.) Harley var. typhoides from Turkey, *J. of Essential Oil Res.* **25**, 5, 430. (2013).
3. Ebrahimzadeh M. A. Antioxidant and antihemolytic activities of *Mentha longifolia*, *Pharmacology online*, **2**, 464. (2010).
4. Unnithan C. R., Gebreselassie H., Sushen U. Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Mentha longifolia* (L.) of Mekele, Ethiopia, *J. of Biol. Sci. Opinion.* **1**, 3, 151. (2013).

5. Grebennikova O. A., Palij A. E., Rabotjagov V. D. Biologicheski aktivnye veshstva *Mentha Longifolia* L., *Sbornik nauchnyh trudov GNBS*. **146**, 146 (2018). <https://doi.org/10.25684/NBG.sbook.146.2018>.
6. Fedorovich A. A. Mikrososudistoe ruslo kozhi cheloveka kak ob#ekt issledovanija, *Regionarnoe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija*. **16** (4), 11. (2017).
7. GOST R 53434-2009 ot 02.12.2009 «Principy nadlezhashhej laboratornoj praktiki». FGUP «STANDARTINFORM», 2010. S. 16.
8. Habriev R. U. Rukovodstvo po jeksperimental'nomu (doklinicheskomu) izucheniju novyh farmakologicheskikh veshhestv, (M. : *Medicina*, 2005). 832 s.
9. Hubrecht R. C., Carter E. The 3Rs and Humane Experimental Technique: Implementing Change, *Animals: an open access journal from MDPI*. **9** (10), 754. (2019).
10. Gosudarstvennaja farmakopeja Rossijskoj Federacii, MZ RF. XIV izd., T.2, T.4 (Moskva, 2018).
11. GOST ISO 7609-2014 Masla jefirnye. Analiz metodom gazovoj hromatografii na kapilljarnyh kolonkah. Obshhij metod.
12. Chuyan E. N., Mironuyk I. S., Ravaeva M. Ju., Grishina T. V., Cheretaev I. V., Chernobaj S. E. Izmenenie pokazatelej mikro- i central'noj gemodinamiki u krysv pri dejstvii acetilsalicilovoj kisloty i ee koordinacionnyh soedinenij s metallami, *Regionarnoe krovoobrashhenie i mikrocirkuljacija*. **20**(4), 75. (2021).
13. Krupatkin A. I., Sidorov V. V. Lazernaja dopplerovskaja floumetrija mikrocirkuljicii krovi, 254 p. (M.: *Medicina*. 2005).
14. Kozlov V. I., Azizov G. A., Gurova O. A., Litvin F. B. *Lazernaja dopplerovskaja floumetrija v ocenke sostojanija i rasstrojstv mikrocirkuljicii krovi*, 31 p. (M.: RUDN, 2012).
15. Humeau A., Kontka A., Abraham P. Time-frequency analysis of laser Doppler flowmetry signals recorded in response to a progressive pressure applied locally on anaesthetized healthy rats, *Phys Med Biol.*, **49**(5), 843. (2004).
16. Silva H. et. al Current Knowledge on the Vascular Effects of Menthol, *Front Physiol.***7**:11:298. (2020). <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00298>.
17. Ahijevych K. Menthol pharmacology and its potential impact on cigarette smoking behavior, *Nicotine & Tobacco Research*. Suppl **1**(1), 17 (2004).
18. Hunter A. M., Grigson C., Wade A. Influence of topically applied menthol cooling gel on soft tissue thermodynamics and arterial and cutaneous blood flow at rest, *International Journal of Sports Physical Therapy*. **6** (1). S17. (2018).
19. Bouyahya A. Health Benefits and Pharmacological Properties of Carvone, *Biomolecules*, **11**(12), 1803 (2021) <https://doi.org/10.3390/biom11121803>.
20. Anjos Paulo J C. Cardiovascular effects induced by linalool in normotensive and hypertensive rats, *Z. Nat. C. J. Biosci.* **68**, 181 (2013).
21. Kang P. Linalool elicits vasorelaxation of mouse aortae through activation of guanylyl cyclase and K(+) channels, *J Pharm Pharmacol.* **67**(5), 714. (2015). <https://doi.org/10.1111/jphp.12359>.
22. Camargo S.B. Antihypertensive potential of linalool and linalool complexed with  $\beta$ -cyclodextrin: Effects of subchronic treatment on blood pressure and vascular reactivity, *Biochem Pharmacol*, **151**, 38. (2018). <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2018.02.014>

УДК 57.032:582.683.2

## БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ КАТРАНА *CRAMBE* L. – ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ И ПИЩЕВЫХ РАСТЕНИЙ

Шатунова С. В.<sup>1</sup>, Журнова С. В.<sup>1</sup>, Гончаров Д. А.<sup>1</sup>, Семенова Е. Ф.<sup>1</sup>,

Шмараева А. Н.<sup>2</sup>, Гончаров М. А.<sup>1</sup>, Цокало И. Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Российская Федерация

<sup>2</sup>Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация  
E-mail: shatunovasneja@gmail.com

Особый интерес при интродукции в Крыму представляют многолетние виды катрана: приморский *Crambe maritima* L., татарский *C. tatarica* Sebeok., Стевена *C. steveniana* Rupr., сердцелистный *C. cordifolia* Steven., перистый *C. pinnatifida* R. Br. Проведенные опыты с использованием культуры семян позволяют заключить о возможном влиянии нескольких факторов, обуславливающих относительно низкую всхожесть семян катрана, в частности гибель зародышей и проростков вследствие поражения патогенными микроорганизмами, что сказывается на жизнеспособности пробирочных растений, и, в конечном счете, на выходе посадочного материала. Скрининг интродуцентов, обеспечивающих максимальный выход проростков в условиях *in vitro* на простой (по составу) минеральной среде, важен для минимизации затрат и повышения уровня рентабельности разрабатываемой биотехнологии за счет дешевой питательной среды.

**Ключевые слова:** семена, питательная среда, культура *in vitro*, жизнеспособность, интродукция.

### ВВЕДЕНИЕ

Катран представляет собой однолетнее или многолетнее растение, достигающее в высоту до 120 см, относится к семейству Капустных *Brassicaceae* (Крестоцветные *Cruciferae*) [1]. Данное растение имеет мясистый корень цилиндрической формы с белой мякотью, его длина в среднем достигает 50 см. Стебель голый, ветвистый, покрыт небольшим налетом воска. Листья перистораздельные, черешковые или вильчатолопастные. Плод представляет собой нераскрывающийся двучленный стручок [2]. Семена довольно крупные – их диаметр достигает 10 мм, плодовая оболочка твердая, не отделяется. Морфометрические показатели семян и плодов катрана, имеющих мощные покровы, особенно важны при изучении их всхожести как в полевых условиях, так и в лабораторных в связи с получением полноценных проростков и растений.

В природных условиях катран произрастает на Кавказе и в Крыму. В качестве культурного растения возделывается с 1960–1965-х годов в европейских странах [3]. За счёт содержания в своем составе множества биологически активных веществ, таких как белок и фитонциды; жиры и эфирные масла; крахмал и минеральные

соли; инулин и пектин; никотиновая и аскорбиновая кислоты; витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub> представляет собой ценность для фармацевтической, пищевой и эфирномасличной промышленности [4]. В настоящее время в растительном сырье (семенах и плодах) катрана выявлены группы фармакологически активных липофильных соединений: полиненасыщенные жирные кислоты, фитостерины, каротины и ксантофиллы, токоферолы [5, 6], что обуславливает их радиопротекторное, иммуномодулирующее, антиинфекционное, антиканцерогенное, антиатеросклеротическое действие.

Масло крамбе используется как пищевое и по своим качествам сопоставимо с маслом белой горчицы. Оно легко рафинируется, имеет низкое йодное число (86–97) и исключительную устойчивость к нагреванию и окислению. Масло катрана абиссинского получают с выходом 35–60 % (обычно – 35 %) и очень высоким содержанием (50 % от общего количества жирных кислот) мононенасыщенной жирной кислоты – *cis*-13-докозановой кислоты. Оно по составу аналогично рапсовому и акульему жиру, но в отличие от рапсового содержит больше эруковой кислоты [7]. Суммарное содержание полиненасыщенных линолевой, линоленовой и арахидоновой жирных кислот, условно объединенных в группу под названием «витамин F», в масле семян катрана абиссинского очень высоко и составляет в среднем 30,52 %. В масле плодов отмечается также высокое содержание олеиновой кислоты 27,04 % [8].

Промышленное использование новых, хозяйственно-полезных, дикорастущих растений невозможно без введения их в культуру, особенно это актуально для новых перспективных видов лекарственного растительного сырья, в частности жирномасличного. Однако, семена многолетних видов катрана имеют прочную нераскрывающуюся семенную оболочку и обладают глубоким периодом покоя, что приводит к их низкой всхожести [9, 10].

В современной науке развивается ряд перспективных направлений, способных интенсифицировать лекарственное растениеводство, увеличив выход проростков путем использования культуры *in vitro*. Это может существенно повысить производство высококачественного посадочного материала для плантационного выращивания, а также разработку технологии получения пророщенных семян для здорового питания (нутрицевтиков и парафармацевтиков: продуктов функционального и диетического питания, биологически активных добавок к пище).

Целью данного исследования является разработка технологии получения на основе культуры *in vitro* материала катрана – перспективного лекарственного растения. В задачи исследования входил скрининг лекарственных видов катрана при введении в культуру *in vitro* и сравнительное изучение динамики прорастания семян в контролируемых условиях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись дикорастущие ботанические виды катрана: приморский *Crambe maritima* L., татарский *C. tatarica* Sebeok., Стевена или крымский хрен *C. steveniana* Rupr., сердцелистный *C. cordifolia* Steven., перистый

*C. pinnatifida* R. Br. и введенный в полевую культуру *C. abyssinica* Hochst. ex R.E. Fr. Семенной материал был получен из Ботанического сада Южного федерального университета, где виды катрана поддерживаются в тематических коллекциях и питомниках размножения: *C. cordifolia* Steven – с 70-х годов XX века; *C. maritima* L. [*C. pontica* Stev. ex Rupr.] – с 2011 г.; *C. pinnatifida* R. Br. [*C. maritima* subsp. *pinnatifida* (R. Br.) Schmalh.] – с 2009 г.; *C. steveniana* Rupr. [*C. pinnatifida* auct. non DC.] – с 2014 г.; *C. tatarica* Sebeok – с 2008 г. [11].

Выборки семян изучаемых видов составляли не менее 100 штук каждого срока сбора (2017–2021 гг.). После поверхностной обработки в парах этилового спирта целые семена помещали на мостики из фильтровальной бумаги в жидкую модифицированную среду Хогланда, содержащую только минеральные компоненты [12]. Концентрация компонентов в маточных растворах для приготовления питательной среды приведена в таблице 1. В 1 л дистиллированной воды растворяли 0,5 мл маточного раствора  $K_3PO_4$ , 5 мл –  $NaNO_3$ , 1 мл –  $MgSO_4$ , 0,5 мл – EDTA и 0,5 мл раствора микроэлементов. Приготовленную среду разливали в стерильные пробирки смостиками из фильтровальной бумаги по 5 мл в биологические и по 10 мл в бактериологические пробирки, затем стерилизовали 30 мин при 1,0 атм. Экспланты культивировали в пробирках при  $24 \pm 1$  °C и освещенности 2500–3000 люкс с 16-ти часовым фотопериодом.

**Таблица 1**

**Концентрация компонентов в маточных растворах для приготовления питательной среды**

Компоненты	Концентрация, г/л	Содержание, %
Раствор макроэлементов		
1. $K_3PO_4$	136,12	38,47
2. $NaNO_3$	101,11	15,48
3. $MgSO_4$	247,00	44,90
4. EDTA	6,92	1,07
Раствор микроэлементов		
1. $H_3BO_3$	1,546	67,28
2. $MnSO_4$	0,338	13,14
3. $ZnSO_4$	0,575	11,14
4. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0,125	5,44

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При культивировании семян в условиях *in vitro* наблюдали начальные этапы прорастания: набухание, разрыв семенной кожуры, выход зародыша с семядолями из покровов, раскрытие и позеленение семядолей, но дальнейшее развитие в ряде случаев не происходило (рис. 1, табл. 2). Однако 32,1–60,0 %% семян катрана абиссинского, 40,0–50,0 %% семян катрана приморского и 35,7–50,0 %% семян

катрана татарского сформировали нормальные проростки, что позволило проследить этапы их формирования: расхождение семядолей и приобретение ими зелёного цвета; удлинение главного корня; появление первого листа.

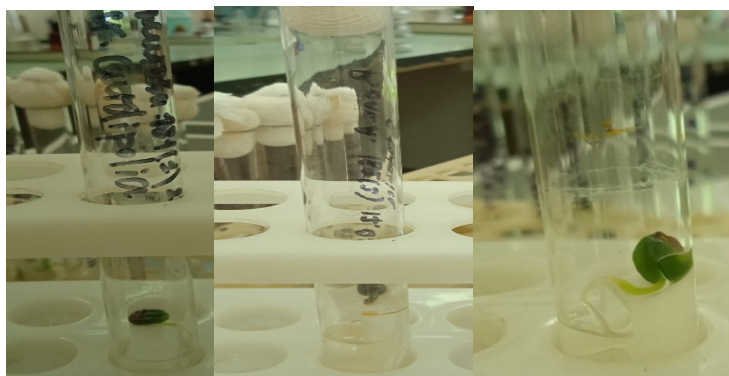


Рис. 1. Начальные этапы прорастания: набухание, разрыв семенной кожуры и выход зародыша с семядолями из покровов, раскрытие и позеленение семядолей при культивировании семян катрана в условиях *in vitro*.

**Таблица 2**  
**Сравнительная динамика прорастания семян различных видов катрана на среде Хогланда в условиях *in vitro*, lim %**

Стадии прорастания семян и формирования проростков	<i>C. steveniana</i>	<i>C. tatarica</i>	<i>C. cordifolia</i>	<i>C. pinnatifida</i>	<i>C. maritima</i>	<i>C. abyssinica</i>
Набухшие семена	62,5–80,0	55,6–90,0	20,0–60,0	30,0–61,5	66,7–80,0	32,1–60,0
Появление корешка	3,1–40,0	11,1–40,0	6,7–10,0	0,0–30,0	0,0–20,0	10,0–10,7
Появление семядолей	0,0–6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0–10,7
Позеленение и раскрытие семядолей	0,0–3,1	0,0	0,0	0,0–10,0	0,0	10,7–50,0
Настоящий лист	5,0–9,4	0,0	0,0	0,0	0,0–40,0	5,6–40,0
Посторонняя микрофлора	0,0	0,0–16,7	0,0	0,0	0,0	0,0–0,1

Примечание. Экспериментальные данные спустя 1 неделю после эксплантации; lim – пределы варьирования показателя в 5 сериях опыта.



В условиях *in vitro* максимального развития (появление 2 и 3 пары листьев) пробирочные растения достигали в течение 1,0–1,5 месяцев (рис. 2, табл. 3).



Рис. 2. Сформировавшиеся в условиях *in vitro* проростки и пробирочные растения.

**Таблица 3**  
Сравнительная динамика прорастания семян различных видов катрана на среде Хогланда в условиях *in vitro*, lim %

Стадии прорастания семян и формирования проростков	<i>C. steveniana</i>	<i>C. tatarica</i>	<i>C. cordifolia</i>	<i>C. pinnatifida</i>	<i>C. maritima</i>	<i>C. abyssinica</i>
Набухшие семена	62,9–90,0	72,2–90,0	33,3–70,0	30,8–75,0	63,2–80,0	17,9–50,0
Появление корешка	3,8–70,0	16,7–50,0	20,0–33,3	12,8–30,0	5,3–30,0	28,6–40,0
Появление семядолей из семенной оболочки	7,4–10,0	5,6–10,0	33,4–50,0	28,2–45,0	0,0–10,0	3,6–15,0
Позеленение и раскрытие семядолей	14,8–20,0	16,7–20,0	0,0–10,0	0,0–20,0	0,0–5,0	10,0–17,9
Появление настоящего листа	11,1–15,0	35,7–50,0	0,0–10,0	0,0–15,0	40,0–50,0	32,1–60,0
Посторонняя микрофлора	0,0–10,0	16,7–30,0	0,0–40,0	0,0–20,0	0,0–20,0	3,6–10,0

*Примечание.* Экспериментальные данные спустя 1 месяц после эксплантации; lim – пределы варьирования показателя в 5 сериях опыта.

В процессе культивирования наблюдали отклонения от нормы: отрицательный геотропизм, недоразвитие корневой системы, образование более мелких и светлых настоящих листочков и другие аномалии. Самой низкой всхожестью семян характеризовались *C. pinnatifida* и *C. cordifolia*, у которых не обнаруживались признаки прорастания. Наиболее инфицированы посторонними микроорганизмами (рис. 3, 4) в динамике роста и развития в контролируемых условиях были: микрофлорой – семена *C. tatarica* (16,7–30,0 %%), а бактофлорой (*Pseudomonas* sp., *Actinomyces* sp., *Pantoea agglomerans* или *Erwinia herbicola*) – *C. abyssinica* (3,6–10,0 %%), что свидетельствует о необходимости получения как стерильных проростков для производства пищевых и лечебно-профилактических продуктов, так и оздоровленной рассады для плантационного выращивания этого многолетнего растения.

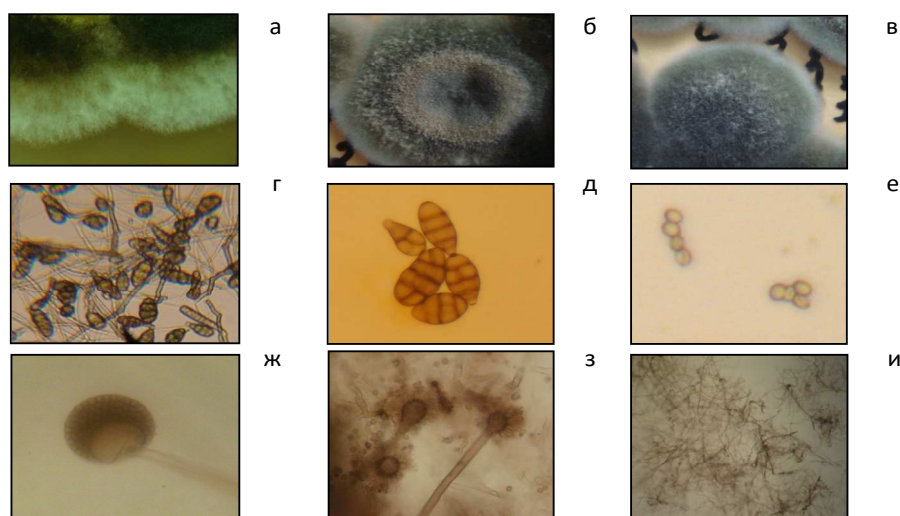


Рис. 3. Морфологические особенности некоторых микроорганизмов, выделенных в условиях *in vitro*. 1 ряд фото – культуры микромицетов: а – *Alternaria* sp. на картофельном агаре; б – *Alternaria* sp., в – *Bipolaris* sp. на агаре Сабуро. 2 и 3 ряд микрофото: г, д – *Alternaria* sp., е – *Candida* sp., ж – *Rhizopus* sp., з – *Aspergillus* sp., и – *Actinomyces* sp. (г, з – 20х; д, е-и – 40х).

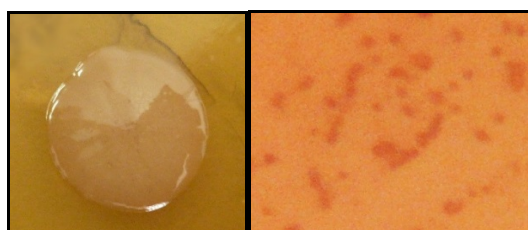


Рис. 4. *Pantoea agglomerans* или *Erwinia herbicola*: слева – колония на питательном агаре, справа – микрофото 90х, окраска по Граму.

Ранее нами были идентифицированы [13] представители микрофлоры изучаемых лекарственных растений в ассоциативных и чистых культурах на агаризованных средах, а также на естественных субстратах (семенах и плодах): *Alternaria* sp., *Helminthosporium* sp. синоним *Bipolaris* sp., *Erysiphe* sp., *Peronospora* sp., *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp., *Phoma* sp., *Candida* sp. Основными патогенами, которые могут передаваться с семенами катрана являются грибы родов *Alternaria*, *Helminthosporium* (*Bipolaris*), *Erysiphe*, *Peronospora*. Возможна также передача *Rhizopus* sp., *Fusarium* sp., *Sclerotinia* sp., *Phoma* sp. Представителями транзитной микрофлоры, обнаруженными в единичных случаях, являются дрожжеподобные грибы рода *Candida*. Максимальная инфицированность была выявлена альтернариями и биполяриями или гелиминтоспориями (рис. 3).

Проведенные опыты с использованием культуры семян позволяют сделать заключение о возможном влиянии нескольких факторов, обуславливающих относительно низкую всхожесть семян катрана, в частности гибель зародышей и проростков вследствие поражения патогенными микроорганизмами. Последнее сказывается на жизнеспособности пробирочных растений и, в конечном счете, на выходе посадочного материала. Скрининг интродуцентов, обеспечивающих максимальный выход проростков в условиях *in vitro* на простой (по составу) минеральной среде, важен для минимизации затрат и повышения уровня рентабельности разрабатываемой биотехнологии за счет дешевой питательной среды (рис. 5).



Рис. 5. Этапы выращивания в контролируемых условиях оздоровленных растений катрана.

Таким образом, проведенное экспериментальное исследование и систематизация литературных сведений [1–5, 8, 9, 14], касающихся ботанических видов катрана, позволяет провести отбор новых источников лекарственного сырья растительного происхождения, содержащих широкий спектр биологически активных соединений. Это будет способствовать расширению сырьевой базы фармацевтического, масличного, пищевкусового, консервного и косметического производств путем введения в культуру жирномасличного растения различных направлений использования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Особый интерес при интродукции в Крыму по сравнению с однолетней культурой *C. abyssinica* представляют многолетние виды катрана: приморский *Crambe maritima* L., татарский *C. tatarica* Sebeok., Стевена или крымский хрен *C. steveniana* Rupr., сердцелистный *C. cordifolia* Steven., перистый *C. pinnatifida* R. Br., обладающие комплексом хозяйственно-полезных признаков и свойств.
2. 32,1–60,0 % семян катрана абиссинского, 40,0–50,0 % семян катрана приморского и 35,7–50,0 % семян катрана татарского сформировали в условиях *in vitro* нормальные проростки, и в дальнейшем, пробирочные растения с 2 и 3 парами листьев.
3. Полученные данные служат основой фитотехнологии получения полноценного посадочного материала многолетних видов катрана, в частности, *C. tatarica* и *C. maritima*, как наиболее биотехнологически перспективных.

## Список литературы

1. Иванова А. В. Таксономическое разнообразие семейства *Brassicaceae* / Иванова А. В., Костина Н. В., Аристова М. А. // Самарский научный вестник. – 2022. – Т. 11, № 2. – С. 57–64. DOI: 10.55355/snvt2022112108
2. Шмараева А. Н. Конспект дикорастущей флоры Ботанического сада Южного федерального университета / Шмараева А. Н., Шишлова Ж. Н., Кузьменко И. П. // Труды Ботанического сада Южного федерального университета. Выпуск 2. Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2017. – С. 40–120.
3. Сазонкин К. Д. Крамбе абиссинская: нетрадиционная масличная культура, обладающая большим потенциалом / К. Д. Сазонкин, М. М. Крючков // Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: сборник материалов конференции. – Рязань, 2019. – С. 536–541.
4. Преснякова Е. В. Жирнокислотный состав семян видов катрана / Преснякова Е. В., Аль-Рабади Е. Е., Семенова Е. Ф., Шмараева А. П. // Известия вузов. Поволжский регион. Серия «Естественные науки». – 2018. – № 2 (22). – С. 3–14.
5. Лудилов В. А. Редкие и малораспространенные овощные культуры. Биология, выращивание, семеноводства / В. А. Лудилов, М. И. Иванова. – М.: Росинформагротех, 2019. – 195 с.
6. Шмараева А. Н. Рост и развитие *Crambe maritima* L. (сем. *Brassicaceae*) в условиях интродукции в Ботаническом саду ЮФУ / А. Н. Шмараева, Ж. Н. Шишлова, В. В. Федяева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 96 (02). – С. 3–14.
7. Турина Е. Л. Возделывание крамбе абиссинской (*Crambe abyssinica* Hochst.) в условиях Степного Крыма / Турина Е. Л., Прахова Т. Я., Ефименко С. Г. // Таврический вестник аграрной науки. – 2019. – №2 (18). – С. 103–110. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-102-109
8. Cornelio primieri avaliacao da est abilidade a oxidacao de oleo vegetal de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) como fluido isolante. – Cascavel Parana, 2012. – 55 p.
9. Шкляр А. П. Пряноароматические и лекарственные культуры в Беларуси (инновации, технологии, экономика и организация производства) / Шкляр А. П. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 123–128.
10. Özdemir F. A. In Vitro Micropropagation from Hypocotyl of *Crambe maritima* L. / Özdemir F. A. & Yıldırım M. U. // Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences. – 2016. – Vol. 26 (2). – P. 168–173. <https://dergipark.org.tr/en/pub/yyutbd/issue/24190/256537>
11. Кузьменко И. П. Итоги интродукции видов рода *Crambe* L. в Ботанический сад Южного федерального университета / Кузьменко И. П., Шмараева А. Н., Матецкая А. Ю. // Труды XIV

- съезда Русского ботанического общества и конференции «Ботаника в современном мире». Т. 2. – Махачкала: АЛЕФ, 2018. – С. 275–278.
12. Семенова Е. Ф. Руководство к практическим занятиям по фармацевтической биотехнологии / Семенова Е. Ф., Шпичка А. И. – Пенза, 2017. – С. 9–17.
  13. Семенова Е. Ф. Особенности микофлоры семян лекарственных культур Средневолжского региона / Семенова Е. Ф., Микаелян М. В., Преснякова Е. В., Шпичка А. И. // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Серия «Медицинские науки», 2010. – № 1. – С. 47–55.
  14. De Marins A. C. *Crambe* (*Crambe abyssinica* Hochst.) yield as affected by soil physical properties: Linear and spatial correlations / De Marins A. C., Nava D. T., Secco D., Rosa H. A., Veloso G., Reichert J. M. // African Journal of Agricultural Research. – 2012. – Vol. 7 (44). – P. 5949–5954.

## BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF CULTIVATION OF SOME SPECIES OF KATRAN *CRAMBE* L. – PROMISING MEDICINAL AND FOOD PLANT

*Shatunova S. V.<sup>1</sup>, Zhirnova S. V.<sup>1</sup>, Goncharov D. A.<sup>1</sup>, Semenova E. F.<sup>1</sup>,  
Shmaraeva A. N.<sup>2</sup>, Goncharov M. A.<sup>1</sup>, Tsokalo I. E.<sup>1</sup>*

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

<sup>2</sup>*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation*

*E-mail: shatunovasneja@gmail.com*

Among the oilseed introduced plants of the *Brassicaceae* family, Katran (*Crambe* L.) is of undoubted interest for the food and pharmaceutical industries; in particular, perennial species of katran are important for introduction in the Crimea: seaside *Crambe maritima* L., Tatar *C. tatarica* Sebeok., Steven *C. steveniana* Rupr., heart-leaved *C. cordifolia* Steven., pinnate *C. pinnatifida* R. Br. In the wild, Steven's katran, or Crimean horseradish, has almost disappeared from the local flora. Some of them – the Tatar Katran and the Primorsky Katran – were introduced into cultivation in Ukraine and the Transcaucasian republics and are used as fodder, technical, vegetable, oilseed, starchy, ornamental and melliferous plants with phytoncidal properties.

Conducted experiments using seed culture allow us to conclude the possible influence of several factors that determine the relatively low germination of katran seeds, in particular the death of embryos and seedlings due to damage by pathogenic microorganisms, which affects the viability of test tube plants, and, ultimately, the yield of planting material. In a comparative study of the dynamics of seed germination under controlled conditions, it was shown that one of the possible factors causing the death of embryos and seedlings is internal infection, mostly by phytopathogenic fungi. Screening of introduced species that ensure maximum yield of seedlings in vitro on a simple (in composition) mineral medium is important for minimizing costs and increasing the profitability of the biotechnology being developed due to a cheap nutrient medium. The data obtained serve as the basis for phytotechnology for obtaining complete planting material of perennial Katrana species, in particular *C. tatarica* and *C. maritima*, as the most biotechnologically promising. High-quality germinated seeds can be used as a

biologically active food supplement, and viable seedlings can be used as planting material when introduced into a perennial medicinal plant culture.

**Keywords:** seeds, nutrient medium, *in vitro* culture, viability, introduction.

#### References

1. Ivanova A. V., Kostina N. V., Aristova M. A. Taxonomic diversity of the Brassicaceae family, *Samara Scientific Bulletin*, **11**, 2, 57 (2022). DOI: 10.55355snv2022112108
2. Shmaraeva A. N., Shishlova Zh. N., Kuzmenko I. P. *Abstract of wild flora of the Botanical Garden of the Southern Federal University*. Proceedings of the Botanical Garden of the Southern Federal University. Issue 2. (Rostov-on-Don; Taganrog: Southern Federal University Publishing House, 2017). pp. 40–120.
3. Sazonkin K. D., Kryuchkov M. M. Abyssinian crambe: an unconventional oilseed crop with great. *Priority directions of scientific and technological development of the agro-industrial complex of Russia: collection of conference materials*, 536 (Ryazan, 2019).
4. Presnyakova E. V., Al-Rabadi E. E., Semenova E. F., Shmaraeva A. P. Fatty acid composition of seeds of kатran species. *News from universities. Volga region. Series "Natural Sciences"*, 2 (22), 3 (2018).
5. Ludilov V. A., Ivanova M. I. *Rare and less common vegetable crops. Biology, cultivation, seed production*, 195 p. (M.: Rosinformagrotekh, 2019).
6. Shmaraeva A. N., Shishlova Zh. N., Fedyaeva V. V. Growth and development of *Crambe maritima* L. (family Brassicaceae) under conditions of introduction in the Botanical Garden of the Southern Federal University. *Polythematic network electronic scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. **96(02)**, 3 (2014).
7. Turina E. L., Prahova T. Ya., Efimenko S. G. Cultivation of Abyssinian crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) in the conditions of the Steppe Crimea. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*, 2 (18), 103 (2019). DOI: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-102-109
8. *Cornelio primieri avaliacao da est abilidade a oxidacao de oleo vegetal de crambe (Crambe abyssinica Hochst.) como fluido isolante*. 55 p. (Cascavel Parana, 2012).
9. Shklyarov A. P. *Spices and medicinal crops in Belarus (innovations, technologies, economics and production organization)*, 123 (Minsk: BGATU, 2014).
10. Özdemir F. A. & Yıldırım M. U. In Vitro Micropropagation from Hypocotyl of *Crambe maritima* L. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, **26** (2), 168 (2016). <https://dergipark.org.tr/en/pub/yyutbd/issue/24190/256537>
11. Kuzmenko I. P., Shmaraeva A. N., Matetskaya A. Yu. *Results of the introduction of species of the genus Crambe L. into the Botanical Garden of the Southern Federal University*, Proceedings of the XIV Congress of the Russian Botanical Society and the conference "Botany in the Modern World". T. 2, 275 (Makhachkala: ALEF, 2018).
12. Semenova E. F., Shpichka A. I. *Guide to practical classes on pharmaceutical biotechnology*, 9 (Penza, 2017).
13. Semenova E. F., Mikaelyan M. V., Presnyakova E. V., Shpichka A. I. Features of the mycoflora of seeds of medicinal crops of the Middle Volga region, *News of higher educational institutions. Volga region. Series "Medical Sciences"*, **1**, 47 (2010).
14. De Marins A. C., Nava D. T., Secco D., Rosa H. A., Veloso G., Reichert J. M. Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) yield as affected by soil physical properties: Linear and spatial correlations. *African Journal of Agricultural Research*, **7** (44), 5949 (2012).

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского  
Биология. Химия. Том 9 (75). 2023. № 4. С. 271–275.

УДК 553.635.1:666.913.2

## ВЛИЯНИЕ ТЕТРАБОРАТОВ ЛИТИЯ И КАЛИЯ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА

*Гришковец В. И.<sup>1</sup>, Яковишин Л. А.<sup>2</sup>, Корж Е. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)  
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия*

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

Изучена концентрационная зависимость ингибирующего действия тетраборатов лития и калия на процесс отверждения гипса и сравнение их активности с ранее исследованным нами тетраборатом натрия (бурой). Показано, что оптимальный диапазон концентраций рабочих растворов тетраборатов лития и калия, как и тетрабората натрия, составляет 0,0125–0,025 М без потери механической прочности отливок. Ингибирующее действие тетрабората лития сильнее, а тетрабората калия слабее в сравнении с тетраборатом натрия.

**Ключевые слова:** вяжущие материалы, гипс, тетрабораты лития и калия.

### ВВЕДЕНИЕ

В литературе сообщалось о применении тетрабората натрия (буры) в качестве замедляющей добавки при изготовлении гипсовых изделий [1–7], в частности, в качестве добавки в зуботехническом гипсе [8]. Эти же авторы указывают, что замедлители схватывания, особенно бура, увеличивают прочность гипса и уменьшают объемное расширение, а также повышают устойчивость отливок к горячей воде.

Ранее мы сообщали об исследовании влияния тетрабората натрия (буры) на процесс отверждения гипса [9]. В настоящей работе изучено влияние тетраборатов лития и калия на отверждение гипса. Хотя тетрабораты лития и калия значительно менее доступны [1–8], однако систематическое исследование их влияния на процесс отверждения гипса и установление зависимости между радиусом катиона металла в ряду литий–натрий–калий (при одинаковом тетраборат-анионе) представляет определенный научный интерес. Поэтому целью настоящего исследования явилось изучение концентрационной зависимости ингибирующего действия тетраборатов лития и калия на процесс отверждения гипса и сравнение активности этих тетраборатов с ранее изученным нами тетраборатом натрия [9].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались вещества: гипс строительный марки Г5 (ГОСТ 125-2018), тетраборат натрия декагидрат (бура) ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , ч.д.а., ГОСТ 4199-76), тетраборат лития безводный ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , х.ч., ТУ 6-09-04-253-86) и тетраборат калия тетрагидрат ( $\text{K}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , ч., ТУ 6-09-2151-77). Во всех реактивах содержание основного вещества не менее 99,5 %.

Изучение ингибирующего действия тетраборатов лития и калия проводилось аналогично описанной нами ранее [9] методике, заключающейся в быстром замешивании гипса с водой или растворами исследуемого модификатора с убывающей концентрацией (в весовой пропорции гипс/раствор – 1/0,65). Время начала процесса схватывания определялось по исчезновению глянцевого блеска исходной гипсовой массы, а время окончания отверждения – как момент потери пластичности при надавливании на гипсовую массу твердым (металлическим или стеклянным) предметом.

Диапазон исследованных молярных концентраций водных растворов тетраборатов составил от 0,1 М до 0,0016 М и определялся в верхней границе ограниченной растворимостью при комнатной температуре, а в нижней – практически отсутствием эффекта ингибирования. В том же диапазоне концентраций для сравнения ингибирующего действия одновременно тестировались и растворы тетрабората натрия (буры). Концентрации исследованных растворов уменьшались с шагом 1/2, что позволяло достаточно уверенно проследить зависимость ингибирующего действия от концентрации ингибитора. Полученные результаты приведены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Ингибирующее действие тетраборатов лития, натрия и калия на процесс отверждения гипса**

С, моль/л	Тетраборат натрия (контроль)		Тетраборат лития		Тетраборат калия	
	Начало отверждения, мин	Окончание отверждения, мин	Начало отверждения, мин	Окончание отверждения, мин	Начало отверждения, мин	Окончание отверждения, мин
0,0016	7	25	8	30	7	20
0,0031	8	30	10	40	8	25
0,0063	10	35	15	45	9	30
0,0125	15	40	20	50	10	35
0,025	35	60	50	80	20	50
0,05	100	500	130	550	80	350
0,10	80	400	100	450	60	300

*Примечание:* без добавок тетраборатов времена начала и окончания отверждения составляют соответственно 6 и 20 мин.



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов показывает, что заметное ингибирующее действие тетраборатов лития и калия проявляется при концентрациях от 0,003 М, но эффективными по действию можно считать концентрации от 0,0125 М и выше, однако при концентрации 0,1 М ингибирующее действие снижается, как и заметно снижается механическая прочность отливок с использованием любого из исследованных тетраборатов. Качественное исследование прочностных свойств полученных образцов гипсовых отливок показало, что в диапазоне концентраций от 0,0125 до 0,05 М механическая прочность отливок не уступает гипсу без добавки тетраборатов или даже несколько превосходит её. Количественное изучение прочностных свойств гипсовых отливок с различными модификаторами предполагается в дальнейшем в отдельном исследовании.

В сравнении с ранее изученным тетраборатом натрия [9] эффективность тетрабората лития заметно выше, тогда как эффективность тетрабората калия – ниже. С учетом значительно большей стоимости тетраборатов лития и калия в сравнении с тетраборатом натрия (бурой) с коммерческой точки зрения выбор тетрабората натрия в качестве замедлителя отверждения гипса наиболее эффективен, а рекомендуемый для практического использования диапазон концентраций тетрабората натрия составляет от 0,0125 до 0,025 М (0,25–0,50%, или 4,8–9,6 г/л для декагидрата) в зависимости от желаемого времени начала схватывания.

Интересно отметить, что ранее при изучении солей лимонной кислоты нами была установлена та же закономерность в отношении смены катиона щелочного металла, что, предположительно, было объяснено различиями в радиусах катионов щелочных металлов в растворах [10].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Изучена концентрационная зависимость ингибирующего действия тетраборатов лития и калия на процесс отверждения гипса в сравнении с тетраборатом натрия (бурой).
2. Показано, что ингибирующее действие тетрабората лития сильнее, а тетрабората калия слабее в сравнении с тетраборатом натрия.
3. Оптимальный диапазон концентраций рабочих растворов тетраборатов лития, натрия и калия составляет 0,0125–0,025 М без потери механической прочности отливок.

## Список литературы

1. Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
2. Попов К. Н. Строительные материалы и изделия / К. Н. Попов, М. Б. Каддо. – М.: Высшая школа, 2005. – 438 с.
3. Пашенко А. А. Вяжущие материалы / А. А. Пашенко, В. П. Сербин, Е. А. Старчевская. – К.: Вища школа, 1985. – 440 с.
4. Байер В. Е. Архитектурное материаловедение / В. Е. Байер. – М.: Архитектура С, 2006. – 264 с.

5. Сулименко Л. М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе / Л. М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 2005. – 334 с.
6. Пустовгар А. П. Замедлители схватывания для сухих строительных смесей на основе полуводного гипса / А. П. Пустовгар // Тез. докл. Междунар. конф. «Baltimix 2012». – Рязань (Россия). – 2012. – С. 9–10.
7. Свойства строительного гипса, характеристики и его применение [Электронный ресурс]. URL: <http://www.atlantepnina.ru/articles/svoystva-stroitel'nogo-gipsa-kharakteristiki-i-ego-primenenie/> (дата обращения: 16.05.2022).
8. Гернер М. М. Материаловедение по стоматологии / М. М. Гернер, Е. Г. Аронов, А. Э. Рофе. – М.: Медгиз, 1962. – 256 с.
9. Влияние тетрабората натрия (буры) на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, Н. В. Грунский, Л. А. Яковишин [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2022. – Т. 8 (74), № 2. – С. 280–284.
10. Гришковец В. И. Влияние солей лимонной кислоты на процесс отверждения гипса / В. И. Гришковец, Л. А. Яковишин, Е. Н. Корж // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2016. – Т. 2 (68), № 3. – С. 83–89.

## **THE EFFECT OF LITHIUM AND POTASSIUM TETRABORATES ON THE GYPSUM CURING PROCESS**

*Grishkovets V. I.<sup>1</sup>, Yakovishin L. A.<sup>2</sup>, Korzh E. N.<sup>2</sup>*

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

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

*E-mail: vladgri@ukr.net*

The concentration dependence of the inhibitory effect of lithium and potassium tetraborates on the gypsum curing process was studied and their activity was compared with sodium tetraborate (borax) previously studied by us.

The analysis of the obtained results shows that a noticeable inhibitory effect of lithium and potassium tetraborates is manifested at concentrations from 0.003 M, but concentrations from 0.0125 M and higher can be considered effective. At a concentration of 0.1 M the inhibitory effect decreases, as well as markedly reduced mechanical strength of castings using any of the studied tetraborates. Qualitative study of the strength properties of the obtained samples of gypsum castings showed that in the range of concentrations from 0.0125 to 0.05 M mechanical strength of castings is not inferior to gypsum without the addition of tetraborates or even slightly superior to it. Quantitative study of strength properties of gypsum castings with different modifiers is assumed in the future in a separate study.

In comparison with the previously studied sodium tetraborate efficiency of lithium tetraborate is noticeably higher, while potassium tetraborate efficiency is lower. Given the significantly higher cost of lithium and potassium tetraborates compared to sodium tetraborate (borax) from a commercial point of view, the choice of sodium tetraborate as a gypsum curing retarder is the most effective, and the recommended range of sodium tetraborate concentrations for practical use is from 0.0125 to 0.025 M (0.25–0.50 %, or 4.8–9.6 g/L for decahydrate) depending on the desired setting initiation time.

It is interesting to note that earlier in the study of citric acid salts we observed the same pattern with respect to the change of alkali metal cation, which was presumably explained by differences in the radii of alkali metal cations in solution.

**Keywords:** binding materials, gypsum, lithium and potassium tetraborates.

#### References

1. Butt Yu. M., Sychev M. M., Tamashev V. V., *Chemical technology of knitting material*, 472 p. (High school, Moscow, 1980). (In Russ.).
2. Popov K. N., Kaddo M. B., *Building materials and products*, 438 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
3. Paschenko A. A., Serbin V. P., Starchevskaya E. A., *Cementing materials*, 440 p. (High school, Kiev, 1985). (In Russ.).
4. Bayer V. E., *Architectural materials*, 264 p. (Architecture, Moscow, 2006). (In Russ.).
5. Sulimenko L. M., *The technology of mineral binding materials and products based on them*, 334 p. (High school, Moscow, 2005). (In Russ.).
6. Pustovgar A.P., Retarder for dry construction mixtures on the basis of plaster, *Abstr. of Internat. conf. "Baltimix 2012"* (Ryazan, 2012), p. 9. (In Russ.).
7. *Properties of building gypsum, characteristics and its application*, <http://www.atlantlepnina.ru/articles/svoystva-stroitel'nogo-gipsa-kharakteristiki-i-ego-primeneniye/> (Accessed May 16, 2022). (In Russ.).
8. Gerner M. M., Aronov Or. G, Rofe A. E. *Materials science in dentistry*, 256 p. (Medgiz, Moscow, 1962). (In Russ.).
9. Grishkovets V. I., Grunskiy N. V., Yakovishin L. A., Korzh E. N., The effect of sodium tetraborate (borax) on the gypsum curing process, *Scientific Notes of Crimean V.I. Vernadsky Federal University. Biology. Chemistry*, **8** (74), 280 (2022). (In Russ.).
10. Grishkovets V. I., Yakovishin L. A., Korzh E. N., Effect of citric acid salts on the process of gypsum curing, *Scientific Notes of Crimean V.I. Vernadsky Federal University. Biology. Chemistry*, **2** (68), 83 (2016). (In Russ.).

УДК 547.917 + 542.97

## ГЛИКОЗИЛИРОВАНИЕ РЯДА ХЛОРФЕНОЛОВ МЕТОДОМ МЕЖФАЗНОГО КАТАЛИЗА В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕЙ

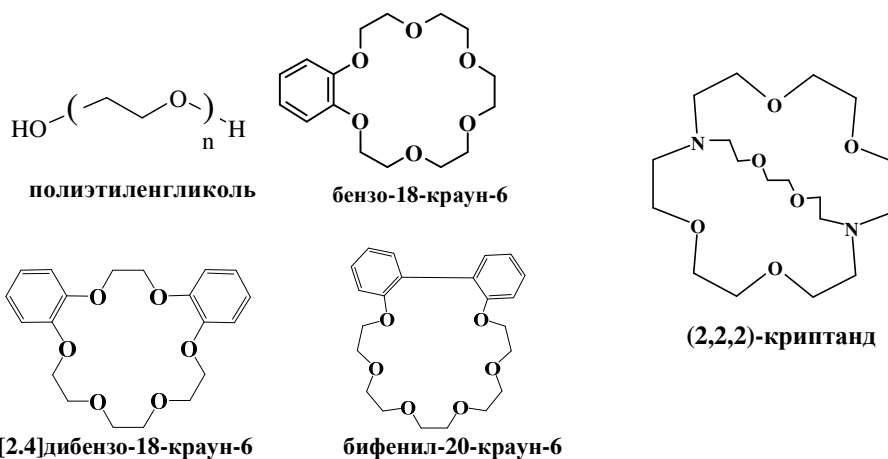
Цикалова В. Н., Цикалов В. В., Сулейманова К. Р.

Институт биохимических технологий, экологии и фармации ФГАОУ ВО «КФУ  
им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: vika.tim@list.ru

На основании гликозил-донора перацетата  $\alpha$ -D-глюкозаминилхлорида проведено гликозилирование 4-хлор-, 2-хлор- и 3,5-диметил-4-хлорфенолов методом межфазного катализа в системе «жидкость–твердое тело» в присутствии основания – карбоната калия и катализатора межфазного переноса – полиэтиленгликоля с молекулярной массой 1500 и дополнительно полиэтиленгликоля с молекулярной массой 4000 для 4-хлорфенола в ацетонитриле при комнатной температуре и в кипящем дихлорметане.  
**Ключевые слова:**  $\beta$ -арилгликозиды N-ацетилглюкозамина, межфазный катализ, полиэтиленгликоли.

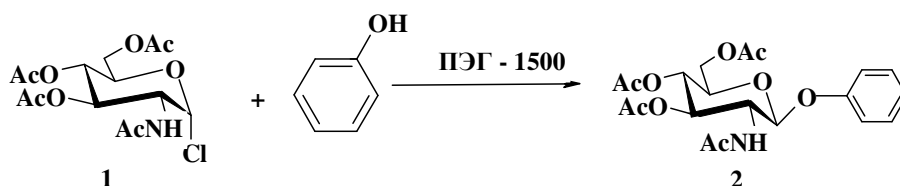
### ВВЕДЕНИЕ

Удобным и эффективным методом для получения различных арилгликозидов является метод межфазного катализа. В качестве катализаторов для переноса ионов металлов можно использовать полиэтиленгликоли, краун-эфир, криптанды или четвертичные аммонийные соли [1–4].

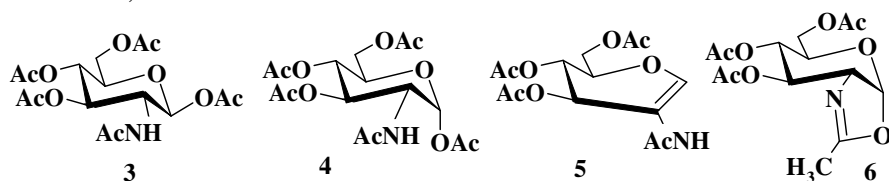


Полиэтиленгликоли и олигоэтиленгликоли наряду с краун-эфирами по причине сродства их химической природы являются эффективными катализаторами межфазного переноса при получении арилгликозидов в системе «жидкость–твердое

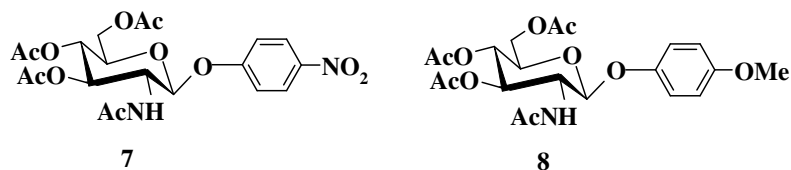
тело» [5]. В исследовании [6] было показано, что полиэтиленгликоль с молекулярной массой 1500 (ПЭГ-1500) наряду с краун-эфирами является эффективным катализатором  $\beta$ -гликозаминилирования фенолов. Синтез проводился методом межфазного гликозилирования фенола  $\alpha$ -D-гликозаминилхлоридом **1** в безводном ацетонитриле, в качестве катализатора использовали полиэтиленгликоль с молекулярной массой 1500, а в качестве основания – безводный карбонат калия. При гликозилировании фенола  $\alpha$ -хлоридом **1** использовали следующие соотношения  $\alpha$ -хлорид **1** – фенол – карбонат калия 1:1:1 в присутствии ПЭГ-1500 от 1 до 20 мольных процентов. Выход гликозида **2** составлял до 70 %. Увеличение количества основания карбоната калия до 2 моль (против исходного соотношения 1:1:1) незначительно повлияло на выход гликозида **2**. Выход в среднем вырос до 74 %.



Увеличение количества основания до 4,5 моль снизило выход гликозида **2** в результате протекания побочных реакций и образования  $\beta$ - и  $\alpha$ -ацетата **3** и **4**, оксазолина **6** и 1,2-гликозеена **5**.



Так, при использовании 2-х кратного мольного избытка фенола выход гликозида **2** составил 77 %, 4,5 мольного избытка – 81 %. Максимальный выход целевого продукта **2** наблюдался при использовании 3-х кратного мольного избытка фенола. Выход **2** в этом случае составил 84%. Также выход реакции изменился при увеличении объема растворителя в присутствии 4,5 моль  $K_2CO_3$ . При увеличении объема ацетонитрила в 1,5 и 2 раза выход гликозида **2** составил 79 и 88 % соответственно. При стехиометрическом соотношении реагентов побочным продуктом был гликозеен **5**. Повышение температуры ускоряло реакцию, но выход продукта **2** был ниже, чем в аналогичных процессах при комнатной температуре, как для полиэтиленгликоля, так и краун-эфира. При замене ацетонитрила на ацетон реакция протекала значительно хуже, а в дихлорметане реакция проходила аналогично использованию ацетонитрила. Использование в качестве основания  $Na_2CO_3$  привело к образованию оксазолина **6**. Эффективность применения полиэтиленгликоля-4000 была ниже, чем полиэтиленгликоля-1500.



По влиянию полиэтиленгликоля-4000 на гликозилирование проводилось отдельное исследование [5]. В этом случае использовали фенол, 4-нитрофенол и 4-метоксифенол. При гликозилировании фенола в присутствии 1 моля карбоната калия и 0,05 моль ПЭГ-4000 выход гликозида **2** составил 35 %. При увеличении количества карбоната калия до 4,5 моль и ПЭГ-4000 до 0,01 моль выход соединения **2** увеличился до 50 %, а при увеличении ПЭГ-4000 до 0,1 моль выход реакции снизился до 42 %. При гликозилировании 4-метоксифенола и 4-нитрофенола в присутствии 4,5 моль поташа и 0,05 моль ПЭГ-4000 выходы гликозидов **7** и **8** составили 60 и 45 % соответственно. В ходе реакции образовывались только  $\beta$ -гликозиды, что было подтверждено данными ПМР-спектроскопии. При сравнении результатов данного исследования с данными при гликозилировании в присутствии 15-краун-5 можно сделать вывод, что ПЭГ-4000 также является эффективным катализатором  $\beta$ -глюкозаминилирования фенолов.

Целью данной работы является получение ряда перацетилованных  $\beta$ -хлорарилгликозидов *N*-ацетил-*D*-глюкозамина на основании 4-хлор-, 2-хлор- и 3,5-диметил-4-хлорфенолов действием на них  $\alpha$ -*D*-глюкозаминилхлорида методом межфазного катализа в присутствии основания – карбоната калия и катализатора межфазного переноса – полиэтиленгликоля с молекулярной массой 1500 в кипящем дихлорметане и в ацетонитриле при комнатной температуре, а также исследование влияния полиэтиленгликоля-4000 на выходы гликозилирования 4-хлорфенола.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы: 4-хлорфенол, 2-хлорфенол, 3,5-диметил-4-хлорфенол, ацетонитрил, дихлорметан, полиэтиленгликоль-1500, полиэтиленгликоль-4000, безводный карбонат калия, 2-ацетидамо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- $\alpha$ -*D*-глюкопиранозилхлорид [7]. Анализ состава реакционных смесей, чистоты синтезированных соединений, а также контроль хода реакций осуществляли методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках Kieselgel 60-F254 (Merck) в системе растворителей бензол–пропан-2-ол, 10:1. Вещества обнаруживали визуально по люминесценции в УФ (254 нм) и 5 % раствором серной кислоты в этаноле с последующим нагреванием хроматограмм до 200–300 °С.

Спектры  $^1\text{H}$  ЯМР получены на приборе Varian VXR-400 (400 МГц) (Институт живых систем Северо-Кавказского федерального университета, г. Ставрополь), внутренний стандарт – тетраметилсилан, химические сдвиги приведены в  $\delta$ -шкале.

#### Общая методика синтеза и обработки перацетатов $\beta$ -*O*-арилгликозидов *N*-ацетилглюкозамина, полученных в кипящем дихлорметане (А).

Смесь, состоящую из 365 мг (1,0 ммоль) 2-ацетидамо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- $\alpha$ -*D*-глюкопиранозилхлорида **1**, (1,0 ммоль) замещенного фенола, 150 мг

(0,10 ммоль) полиэтиленгликоля-1500 или 400 мг (0,10 ммоль) полиэтиленгликоля-4000, 621 мг (4,5 ммоль) карбоната калия, растворяли в 15 мл хлористого метилена и кипятили при перемешивании. После завершения синтеза (контроль ТСХ: бензол-изопропиловый спирт, 10:1) реакционную смесь растворяли в 10 мл хлористого метилена, промывали 5 мл 10 %-ного раствора щелочи, а затем дважды промывали водой по 3 мл. Органический слой сушили безводным сульфатом натрия и упаривали. Вещества выделяли перекристаллизацией из изопропилового спирта.

**Общая методика синтеза и обработки перацетатов β-О-арилгликозидов N-ацетилглюкозамина, полученных в ацетонитриле при комнатной температуре (Б).**

Смесь, состоящую из 365 мг (1,0 ммоль) 2-ацетиамидо-3,4,6-три-О-ацетил-2-дезоксид-α-D-глюкопиранозилхлорида **1**, (1,0 ммоль) замещенного фенола, 150 мг (0,10 ммоль) полиэтиленгликоля-1500 или полиэтиленгликоля-4000, 621 мг (4,5 ммоль) карбоната калия, растворяли в 15 мл ацетонитрила и перемешивали при комнатной температуре. После завершения синтеза (контроль ТСХ: бензол-изопропиловый спирт, 10:1) реакционную смесь фильтровали от солей, упаривали, растворяли в 10 мл хлористого метилена, промывали 5 мл 10 % раствора щелочи, а затем дважды промывали водой по 3 мл. Органический слой осушили безводным сульфатом натрия и упарили. Вещества выделяли перекристаллизацией из изопропилового спирта.

**4-Хлорфенил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-О-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозид (9)**

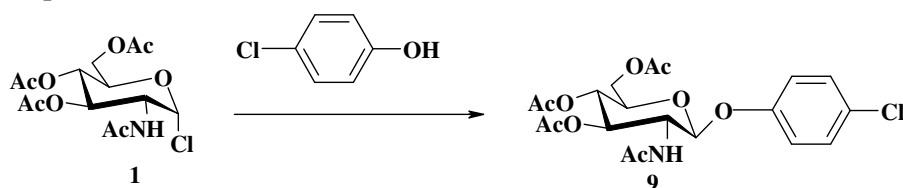


Рис. 1. Схема получения 4-хлорфенил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-О-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозид **9**.

**Вариант а.** Реакция протекала в течение шести часов по методике А в присутствии 128 мг (1,0 ммоль) 4-хлорфенола и 150 мг (0,1 ммоль) полиэтиленгликоля-1500 (рис. 1). Вещество **9** выделяли стандартно кристаллизацией. Выход: 54%, т. пл. 188–192 °С,  $[\alpha]_{546} - 9^\circ$  (с 1,0; хлороформ). Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ЯМР (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ , КССВ J, Гц): 1,96 м.д., с; 2,06 м.д., с; 2,08 м.д., с; 2,09 м.д., с; (12 Н, NAc, 3 OAc), 4,12 м.д., дд и 4,31 м.д., дд (2 Н, Н-6а, Н-6б,  $J_{6b, 6a}$  12), 4,18 м.д., ддд (1 Н, Н-2,  $J_{2, 3}$  10), 3,89 м.д., ддд (1 Н, Н-5,  $J_{5, 6a}$  5,4,  $J_{5, 6b}$  3,2), 5,14 м.д., дд (1 Н, Н-4,  $J_{4, 5}$  12), 5,43 м.д., дд (1 Н, Н-3,  $J_{3, 4}$  10), 5,27 м.д., д (1 Н, Н-1,  $J_{1, 2}$  8,0), 5,84 м.д., д (1 Н, NHAc,  $J_{2, \text{NH}}$  8,4), 6,93–7,29 м.д., м (4 Н, СН аром.).

**Вариант б.** Синтез прошел в течение четырех часов по методике А в присутствии 128 мг (1,0 ммоль) 4-хлорфенола и 400 мг (0,1 ммоль) полиэтиленгликоля-4000 (рис. 1). Выход: 94 %.

**Вариант в.** Реакция протекала в течение четырех часов по методике Б в присутствии 128 мг (1,0 ммоль) 4-хлорфенола и 150 мг (0,1 ммоль) полиэтиленгликоля-1500 (рис. 1). Выход: 48%

**Вариант г.** Синтез прошел в течение четырех часов по методике Б в присутствии 128 мг (1,0 ммоль) 4-хлорфенола и 400 мг (0,1 ммоль) полиэтиленгликоля-4000 (рис. 1). Выход: 22 %.

**2-Хлорфенил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозид (10)**

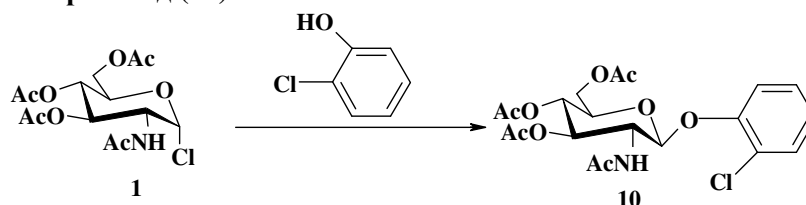


Рис. 2. Схема получения 4-хлорфенил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозид **10**.

**Вариант а.** Реакция протекала в течение шести часов по методике А в присутствии 128 мг (1,0 ммоль) 2-хлорфенола и 150 мг (0,1 ммоль) полиэтиленгликоля-1500 (рис. 2). По данным тонкослойной хроматографии при исчезновении гликозил-донора **1** образовывался оксазолин **6** и продукты распада 2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид-α-D-глюкопиранозилхлорида.

**Вариант б.** Синтез проводили аналогично методике Б в ацетонитриле при перемешивании при комнатной температуре в присутствии 128 мг (1,0 ммоль) 2-хлорфенола и 150 мг (0,1 ммоль) полиэтиленгликоля-1500 в течение трех часов. Выход: 6 % т. пл. 187–189 °С,  $[\alpha]_{546} - 33^\circ$  (с 1,0; хлороформ).

**3,5-Диметил-4-хлорфенил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозид (11)**

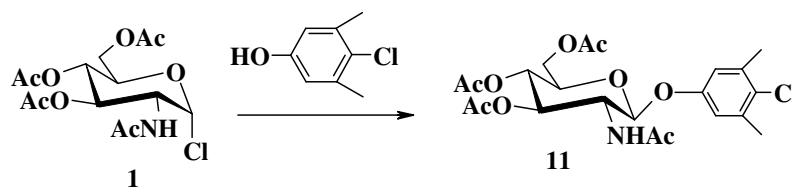


Рис. 3. Схема получения 3,5-диметил-4-хлорфенил-2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид-β-D-глюкопиранозид **11**.

**Вариант а.** Реакция протекала по варианту А в присутствии 157 мг (1,0 ммоль) 3,5-диметил-4-хлорфенола и 150 мг (0,1 ммоль) полиэтиленгликоля-1500 в течение 3,5 часов (рис. 3). Выход: 58 %, т. пл. 189–191 °С,  $[\alpha]_{589} -9^\circ$  (с 1,0; хлороформ). Спектр  $^1\text{H-NMR}$  (400 МГц,  $\text{CDCl}_3$ , КССВ J, Гц): 1,88 м.д., с; 1,98 м.д., с; 2,00 м.д., с; 2,01 м.д., с; (12 Н, NAc, 3 OAc), 2,25 м.д., с (6 Н  $\text{CH}_3$ ), 4,11 м.д., дд и 4,21 м.д., дд (2 Н, Н-6а, Н-6b,  $J_{6b, 6b}$  12,4), 4,08 м.д., ддд (1 Н, Н-2,  $J_{2, 3}$  10,8), 3,83 м.д., ддд (1 Н, Н-5,



$J_{5,6a}$  5,4,  $J_{5,6b}$  3,2), 5,05 м.д., дд (1 Н, Н-4,  $J_{4,5}$  12), 5,35 м.д., дд (1 Н, Н-3,  $J_{3,4}$  10), 5,16 м.д., д (1 Н, Н-1,  $J_{1,2}$  8,0), 5,75 м.д., д (1 Н, NHAc,  $J_{2,NH}$  8,8), 6,66 м.д., с. и 7,20 м.д., с (2 Н, СН аром.).

**Вариант б.** Синтез проводили аналогично методике Б в ацетонитриле при перемешивании при комнатной температуре в присутствии 157 мг (1,0 ммоль) 3,5-диметил-4-хлорфенола и 150 мг (0,1 ммоль) полиэтиленгликоля-1500 в течение трех часов. Выход: 20 %

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В данном эксперименте было произведено сравнение выходов гликозилирования хлорфенолов методом межфазного катализа в дихлорметане и в ацетонитриле. Гликозил-донор 2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- $\alpha$ -D-глюкопиранозилхлорид **1** реагировал с эквимольным количеством 4-хлорфенола, 2-хлорфенола и 3,5-диметил-4-хлорфенола в присутствии полиэтиленгликоля-1500 или полиэтиленгликоля-4000 с 0,10 ммольным эквивалентом, 4,5-кратного мольного избытка карбоната калия по отношению к гликозил-донору. Полученные целевые гликозиды выделяли стандартно методом кристаллизации. В первом эксперименте синтез проводили в кипящем дихлорметане. Было установлено, что в присутствии полиэтиленгликоля-1500 4-замещенные хлорфенолы реагировали с близкими выходами. Для 4-хлорфенилгликозида **9** выход составлял 54 %, для 3,5-диметил-4-хлорфенилгликозида **11** – 58 %. 2-Хлорфенол не прореагировал в этих условиях, очевидно, ввиду стерических затруднений. В этой реакции продуктами были оксазолин **6** как соединение, возникающее в результате внутримолекулярной циклизации 2-ацетиамидо-3,4,6-три-*O*-ацетил-2-дезоксид- $\alpha$ -D-глюкопиранозилхлорида **1**, а также продукты деструкции гликозил-донора. В другом варианте гликозилирование проводилось в ацетонитриле при комнатной температуре. 4-Хлорфенол и 3,5-диметил-4-хлорфенол были прогликозилированы с выходами 48 % и 20 %, соответственно, в то время как *o*-хлорфенилгликозид **10** был выделен с выходом 6 %, что также объясняется стерическими затруднениями. В отдельном эксперименте гликозилировали 4-хлорфенол в присутствии полиэтиленгликоля-4000. Был отмечен более высокий выход этого гликозида в кипящем дихлорметане по сравнению с другими 4-замещенными гликозидами в этих условиях, но более низкий – в ацетонитриле

Строение целевых гликозидов **9** и **11** подтверждено методом ПМР-спектроскопии.

В ПМР спектрах соединений  $\beta$ -хлорарилгликозидов **9** и **11** идентифицированы сигналы углеводного фрагмента и протонов ароматического кольца агликона. Дублеты аномерных протонов имеет химический сдвиг 5,14 м.д. и 5,16 м.д. соответственно. КССВ аномерных протонов в ПМР спектрах равна 8,0 Гц, и характерна для *O*-1,2-*транс*-D-глюкозаминидов. Также определяются четыре синглета ацетильных групп углеводного фрагмента с химическими сдвигами в области 1,88–2,09 м.д. Протоны амидных групп определяются дублетами в области 5,75 и 5,84 м.д. Сигналы протона Н-2 определены как мультиплет (ддд) с химическим сдвигом 4,08 и 4,18 м.д.. Дублеты дублетов протона Н-3 представлены сигналом с

химическим сдвигом 5,35 и 5,43 м.д. соответственно. Сигналы протона Н-4 выражены как дублеты дублетов с химическим сдвигом 5,05 и 5,14 м.д. соответственно. Мультиплеты протона Н-5 имеет химический сдвиг 3,83 и 3,85 м.д. Два неэквивалентных протона Н-6а и Н-6б выражены двумя дублет дублетами в областях 4,21–4,31 м.д. и 4,11–4,12 м.д. Дублеты протонов ароматического кольца 4-хлорфенильного фрагмента гликозида **9** выражены сигналами с химическим сдвигом в диапазоне 6,93–7,29 м.д. В ПМР спектре гликозида **11** сигналы протонов 3,5-диметил-4-хлорфенильного фрагмента определяются как синглеты ароматических протонов с химическим сдвигом 6,66 м.д., с. и 7,20 м.д., а сигналы протонов метильных групп представлены синглетом с химическим сдвигом 2,25 м.д.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Методом межфазного катализа в присутствии полиэтиленгликолей с высокими выходами синтезированы перацетилированные 1,2-*транс*-арилгликозиды *N*-ацетил-*D*-глюкозамина на основе 4-хлор-, 2-хлор-, 3,5-димети-4-хлорфенолов.
2. Проведено сравнение каталитической эффективности полиэтиленгликолей различной молекулярной массы в процессах гликозилирования 4-замещенных фенолов.

### Список литературы

1. Демлов Э. Межфазный катализ / Э. Демлов, З. Демлов. – М.: Мир, 1987. – 482 с.
2. Ароматические краун-эфиры как катализаторы синтеза  $\beta$ -арилгликозидов *N*-ацетилглюкозамина в межфазных условиях / Т. А. Чупахина, В. О. Курьянов, В. Я. Чирва [и др.] // Биоорганическая химия. – 2004. – Т. 30, № 3. – С. 334–336.
3. Синтез гетероароматической *N*- $\beta$ -гликозидов *N*-ацетилглюкозамина в условиях межфазного катализа. I. глюкозаминиды 2-оксибензоллов / В. О. Курьянов, Т. А. Чупахина, А. Е. Земляков [и др.] // Биоорганическая химия. – 2006. – Т. 32, № 6. – С. 615–620.
4. Катализируемый краун-соединениями синтез  $\beta$ -арилгликозидов *N*-ацетилглюкозамина / В. О. Курьянов, Т. А. Чупахина, А. Е. Земляков [и др.] // Биоорганическая химия. – 2001. – Т. 27, № 6. – С. 434–438.
5. Межфазное гликоаминилирование фенолов, катализируемое полиэтиленгликолем / В. О. Курьянов, У. С. Прискока, Т. А. Чупахина [и др.] // Биоорганическая химия. – 2005. – Т. 31, № 3. – С. 335–336.
6. Лущик А. А. Изучение межфазной реакции гликозилирования фенола  $\alpha$ -*D*-глюкозаминилхлоридом при катализе полиэтиленгликолем / А. А. Лущик, В. О. Курьянов // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. – 2011. – Т. 24 (63), № 1. – С. 207–213.
7. Голодников Г. В. Практикум по органическому синтезу: Учебное пособие. / Г. В. Голодников, Т. В. Мандельштам – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, – 1976. – С. 179.
8. Синтез арил- $O$ - $\beta$ -глюкозаминидов и оценка их биологической активности в тесте ингибирования биолюминесценции морских светящихся бактерий / В. О. Курьянов, А. М. Кацев, Т. А. Чупахина [и др.] // Журнал орг. та фарм. хімії. – 2009. – Т. 7, №4 – С. 30–40.

## GLYCOSYLATION OF A SERIES OF CHLOROPHENOLS BY PHASE-INTERFACE CATALYSIS IN THE PRESENCE POLYETHYLENEGLYCOLS

*Tsikalova V. N., Tsikalov V. V., Suleymanova K. R.*

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

*E-mail: vika.tim@list.ru*

In this experiment, the yields of glycosylation of chlorophenols by phase transfer catalysis in dichloromethane and acetonitrile were compared. Glycosyl-donor 2-acetamido-3,4,6-tri-*O*-acetyl-2-deoxy- $\alpha$ -D-glucopyranosyl chloride was reacted with equimolar amounts of 4-chlorophenol, 2-chlorophenol and 3,5-dimethyl-4-chlorophenol in the presence of polyethyleneglycol-1500 or polyethyleneglycol-4000, and of potassium carbonate. The resulting glycosides were isolated using the standard crystallization method. In the first experiment, the synthesis was carried out in boiling dichloromethane. It was found that in the presence of polyethyleneglycol-1500, 4-substituted chlorophenols reacted with similar yields. For 4-chlorophenylglycoside the yield was 54 %, for 3,5-dimethyl-4-chlorophenylglycoside – 58 %. 2-Chlorophenol did not react in boiling dichloromethane, due to the steric factor. In this reaction, the products were oxazoline and products of destruction of the glycosyl-donor. In the following study, glycosylation was carried out in acetonitrile at room temperature. 4-Chlorophenol and 3, 5-dimethyl-4-chlorophenol were proglycosylated in 48 % and 20 % yields, respectively. 2-Chlorophenylglycoside was isolated in 6 % yield, which was also explained by steric hindrance. In a separate experiment, 4-chlorophenol was glycosylated in the presence of polyethylene glycol-4000. A higher yield of this glycoside was noted in boiling dichloromethane compared to other 4-substituted glycosides under these conditions, but a lower yield in acetonitrile. The structure of target glycosides was confirmed by PMR spectroscopy. In the NMR spectra of  $\beta$ -chloroaryl glycoside signals from the carbohydrate fragment and protons of the aromatic ring of the aglycone were identified. Doublets of anomeric protons have a chemical shift of 5,14 ppm. and 5,16 ppm respectively. The spin-spin interaction constant of anomeric protons in the PMR spectra is 8,0 Hz, and is characteristic of *O*-1,2-*trans*-D-glucosaminides. Four singlets of acetyl groups of the carbohydrate fragment are also determined. Doublets of the protons of the aromatic ring of the 4-chlorophenyl fragment of glycoside are expressed by signals with a chemical shift in the range of 6,93–7,29 ppm. The signals of the protons of the 3,5-dimethyl-4-chlorophenyl fragment are determined as singlets of aromatic protons with a chemical shift of 6,66 ppm and 7.20 ppm, and the signals of the methyl group protons are represented by a singlet with a chemical shift of 2,25 ppm.

**Keywords:**  $\beta$ -arylglycosides *N*-acetyl-D-glucosamine, phase transfer catalysis, polyethylene glycols.

### References

1. Demlov E., Demlov Z. (1987) *Interphase catalys*. Moscow: Mir. (in Russ.)
2. Chupakhina T. A., Kuryanov V. O., Chirva V. Ya., Grigorash R. Ya., Kotlyar S. A., Kamalov G. L. Aromatic crown ethers as catalysts for the synthesis of  $\beta$ -aryl glycosides of *N*-acetylglucosamine under interfacial conditions, *Bioorgan. Chemistry*, **30(3)**, 334, (2004). (in Russ.)
3. Kuryanov V. O., Chupakhina T. A., Zemlyakov A. E., Chirva V. Ya., Shishkin O. V., Shishkina S. V., Kotlyar S. A., Kamalov G. L. Synthesis of heteroaromatic *N*- $\beta$ -glycosides of *N*-acetylglucosamine under phase transfer catalysis. I. Glucosaminides of 2-hydroxybenzozoles, *Bioorgan. Chemistry*, **32(6)**, 615, (2006). (in Russ.)
4. Kuryanov V. O., Chupakhina T. A., Zemlyakov A. E., Kotlyar S. A., Kamalov G. L., Chirva V. Ya. Synthesis of  $\beta$ -aryl glycosides *N*-acetylglucosamine catalyzed by crown compounds, *Bioorgan. Chemistry*, **27(6)**, 434, (2001). (in Russ.)
5. Kuryanov V. O., Priskoka U. S., Chupakhina T. A., Chirva V. Ya. Interfacial glycoamination of phenols catalyzed by polyethylene glycol // *Bioorgan. Chemistry*, **31(3)**, 335, (2005). (in Russ.)
6. Lushchik A. A., Kuryanov V. O. Study of the interfacial reaction of glycosylation of phenol with  $\alpha$ -D-glucosaminyl chloride catalyzed by polyethylene glycol, *Scientific notes of the V.I. Vernadsky. Series "Biology, Chemistry"*, **24(63)**, **1**, 207, (2011). (in Russ.)
7. Golodnikov G. V., Mandelstam T. V. (1976) *Workshop on organic synthesis: Textbook*, Leningrad: Publishing House of Leningrad University. (in Russ.)
8. Kuryanov V. O., Katsev A. M., Chupakhina T. A., Chirva V. Ya. Synthesis of aryl-O- $\beta$ -glucosaminides and assessment of their biological activity in the test for inhibition of bioluminescence of marine luminescent bacteria, *J. of org. and farm. Chemistry*, **7(4)**, 30, (2009). (in Russ.)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абдурашитов Сулейман Февзиевич** ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики, e-mail: asuleyman83@rambler.ru
- Александрова Наталья Васильевна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, бакалавр кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Алексеева Алена Ильинична** ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики
- Бабанов Никита Дмитриевич** ФГБНУ "ФИЦ оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических технологий", ведущий научный сотрудник Научно-клинического центра «Технологии здоровья и реабилитации» Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: n.babanov@nphys.ru
- Бакова Надежда Николаевна** ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», зав. сектором стандартизации ФГБУН «НБС-ННЦ РАН», e-mail tkdizain@yandex.ru
- Бирюкова Елена Александровна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Бондаренко Надежда Николаевна** ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького», доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии с лабораторией теоретической и прикладной нейрофизиологии им. акад. В. Н. Казакова, e-mail: nanibo50@mail.ru
- Власенко Сергей Валерьевич** Институт «Медицинская академия имени С. И. Георгиевского» Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, доктор медицинских наук, профессор кафедры медицинской реабилитации, спортивной медицины и адаптивной физической культуры, e-mail: vlasenko65@rambler.ru
- Власенко Федор Сергеевич** Научно-клинический центр «Технологии здоровья и реабилитации» Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского, лаборант, e-mail: fedor.vlasenko2019@mail.ru

<b>Гафарова Ляйсан Фаридовна</b>	Институт фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского) федерального университета, заведующий лабораторией Центра гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан
<b>Гончаров Даниил Анатольевич</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, студент кафедры фармации, e-mail: danilka.goncharov.99@mail.ru
<b>Гончаров Михаил Анатольевич</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, студент кафедры фармации, e-mail: mihaail_a_g.99@mail.ru
<b>Грицевич Кирилл Станиславович</b>	ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики
<b>Гришковец Владимир Иванович</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор химических наук, профессор кафедры общей химии
<b>Джелдубаева Эльвиза Рашидовна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Жирнова София Владиславовна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, студент кафедры фармации, e-mail: sofya_zhirnova@mail.ru
<b>Заячникова Татьяна Валентиновна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Зубоченко Алла Анатольевна</b>	ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики
<b>Иванов Сергей Михайлович</b>	Научно-исследовательский институт проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта, младший научный сотрудник, e-mail: ivanov@vlgafo.ru

<b>Ильинская Ольга Николаевна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой микробиологии
<b>Каширина Наталья Александровна</b>	Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, научный сотрудник отдела селекции селекционно-семеноводческого центра эфиромасличных культур
<b>Кирюшкينا Ольга Игоревна</b>	Академия биологии и биотехнологии Южного федерального университета, студентка кафедры зоологии, e-mail: kiryushkina@sfedu.ru
<b>Коба Владимир Петрович</b>	Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией, e-mail: kobavp@mail.ru
<b>Колпаков Алексей Иванович</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией Биосинтеза и Биоинженерии ферментов
<b>Корж Елена Николаевна</b>	ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», кандидат химических наук, доцент кафедры «Химия и химические технологии»
<b>Красуцкий Борис Викторович</b>	Ботанический сад УрО РАН, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории лесовосстановления, защиты леса и лесопользования отдела лесоведения; Челябинский государственный университет, доцент, профессор кафедры общей экологии факультета экологии, e-mail: boris_k.63@mail.ru
<b>Ливенцов Станислав Юрьевич</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики
<b>Мармулева Елена Юрьевна</b>	ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
<b>Миноранский Виктор Аркадьевич</b>	Ассоциация «Живая природа степи», Профессор, доктор сельскохозяйственных наук, Председатель Президиума
<b>Миронюк Ирина Сергеевна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры физиологии человека и животных и биофизики

- Моисеев  
Сергей Александрович** Научно-исследовательский институт проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: sergey\_moiseev@vlgafc.ru
- Мыщук  
Даниил Дмитриевич** Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, аспирант 1 курса направления «Экология», e-mail: danmysuk@mail.ru
- Омельченко  
Светлана Олеговна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, доцент кафедры молекулярной генетики и биотехнологий, e-mail: svet.omelchenko@mail.ru
- Орехова  
Лиля Сергеевна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Научно-клинический центр «Технологии здоровья и реабилитации», ведущий специалист, e-mail: lili\_psy@mail.ru
- Османов  
Эрнест Ахтемович** ГБУЗРК «Научно-исследовательский институт детской курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации», кандидат медицинских наук, научный сотрудник, e-mail: sprau55@mail.ru
- Павленко  
Владимир Борисович** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей психологии и психофизиологии, e-mail: vprav55@gmail.com
- Попов  
Максим Николаевич** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского» в г. Ялте, кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой здоровья и реабилитации, заместитель директора Гуманитарно-педагогической академии (филиал), e-mail: maks.popov@mail.ru
- Попова  
Наталья Николаевна** Воронежская государственная академия спорта, доктор биологических наук, профессор кафедры медико-биологических, естественно-научных и математических дисциплин, e-mail: leskea@vmail.ru
- Привалова  
Ирина Леонидовна** ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры нормальной физиологии, e-mail: ir\_priv@mail.ru
- Раваева  
Марина Юрьевна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики



<b>Романчук Роман Викторович</b>	Академия биологии и биотехнологии Южного федерального университета, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры зоологии, e-mail: romanchuk@sfedu.ru
<b>Сейтаджиева Севиля Бахтияровна</b>	ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, протеомики и биоинформатики
<b>Селюк Марина Павловна</b>	ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет, доцент, кандидат биологических наук
<b>Семёнова Елена Федоровна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, профессор кафедры фармации, e-mail: sef1957@mail.ru
<b>Сидякин Андрей Иванович</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
<b>Соболев Валерий Иванович</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры здоровья и реабилитации, e-mail: v.sobolev@mail.ru
<b>Судейманова Кемия Решатовна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», магистр
<b>Тимофеев Юлия Валерьевна</b>	Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского ЮФУ, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры зоологии
<b>Труш Вера Владимировна</b>	ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», кандидат медицинских наук, доцент, заведующая кафедрой физиологии человека и животных, e-mail: ver.trush@yandex.ru
<b>Туманянц Каринэ Николаевна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (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>Цикалов Виктор Валентинович</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии

- Цикалова  
Виктория Николаевна**      Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии
- Цокало  
Инна Евгеньевна**      Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат фармацевтических наук, заведующая кафедрой фармации, e-mail: tsokaloinna@yandex.ru
- Черных  
Екатерина  
Владимировна**      ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет ассистент кафедры сестринского дела КГМУ, e-mail: katrinka\_cherry@mail.ru
- Чмелёва  
Светлана Ивановна**      Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
- Чуян  
Елена Николаевна**      ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: elena-chuyan@rambler.ru
- Шатунова  
Снежана Витальевна**      Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», студент специальности «Фармация», e-mail: shatunovasneja@gmail.com
- Шевчук  
Оксана Михайловна**      ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБУН «НБС-ННЦ РАН», e-mail oksana\_shevchuk1970@mail.ru
- Шмараева  
Антонина Николаевна**      Ботанический сад Южного федерального университета, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: anshmaraeva@sfedu.ru
- Шульгина  
Людмила Николаевна**      ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет кандидат педагогических наук, доцент кафедры сестринского дела КГМУ, e-mail: shulginaln@kursksmu.net
- Юрков  
Андрей Павлович**      ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии», ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент, лаборатория экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий №4

<b>Яковишин Леонид Александрович</b>	ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», доктор химических наук, профессор кафедры «Химия и химические технологии»
<b>Якушевский Евгений Игоревич</b>	Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, магистрант
<b>Ярмолюк Наталья Сергеевна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Абдурашитов С. Ф., Алексеева А. И., Грицевич К. С., Сейтаджиева С. Б.,  
Зубоченко А. А., Юрков А. П.**  
СИМБИОТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ АССОЦИАЦИЙ ГРИБОВ  
АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С *CORIANDRUM  
SATIVUM*..... 3
- Власенко С. В., Павленко В. Б., Орехова Л. С., Бирюкова Е. А., Османов Э. А.,  
Власенко Ф. С., Бабанов Н. Д.**  
ДИНАМИКА СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У БОЛЬНЫХ ДЦП,  
СПАСТИЧЕСКАЯ ДИПЛЕГИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАНЯТИЙ НА  
СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЕ, РОБОТИЗИРОВАННОМ КОМПЛЕКСЕ  
«ЭКЗОКИСТЬ-2» В СОЧЕТАНИИ С САНАТОРНО-КУРОРТНЫМ ЛЕЧЕНИЕМ.... 15
- Гафарова Л. Ф., Колпаков А. И., Ильинская О. Н.**  
ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА САКСКОЙ ЛЕЧЕБНОЙ  
ГРЯЗИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В САНАТОРИЯХ ТАТАРСТАНА ..... 26
- Джелдубаева Э. Р., Ярмолук Н. С., Чуян Е. Н., Шевчук О. М., Бакова Н. Н.**  
АНАЛЬГЕТИЧЕСКИЙ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТЫ  
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ *MYRTUS COMMUNIS* L. ... 36
- Заячникова Т. В.**  
ВЛИЯНИЕ АРОМАТЕРАПИИ НА РЕСПИРАТОРНУЮ СИСТЕМУ ЧЕЛОВЕКА .... 49
- Кирюшкина О. И., Романчук Р. В.**  
КАТАЛОГ КОЛЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ КАФЕДРЫ ЗООЛОГИИ АКАДЕМИИ  
БИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ ИМ. Д. И. ИВАНОВСКОГО ЮЖНОГО  
ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА. СООБЩЕНИЕ 7. ОТРЯД ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ  
– COLEOPTERA, СЕМЕЙСТВО ЖУЖЕЛИЦЫ – CARABIDAE, ПОДСЕМЕЙСТВО  
NEBRIINAE ..... 59
- Красуцкий Б. В.**  
ИШНОДЕРМА СМОЛИСТАЯ (*ISCHNODERMA RESINOSUM* (Schrad.) P. Karst.) –  
НОВЫЙ ВИД В МИКОБИОТЕ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 92
- Красуцкий Б. В.**  
ЧЕЛНОВИДКА *SCAPHIDIUM QUADRIMACULATUM* Olivier, 1790 (COLEOPTERA,  
STARPHYLINIDAE) – НОВЫЙ ВИД В ФАУНЕ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ..... 104
- Мармулева Е. Ю., Селюк М. П., Якушевский Е. И.**  
*GALEGA ORIENTALIS* LINNAEUS – РЕЗЕРВАТОР НАПОЧВЕННЫХ  
ЭНТОМОФАГОВ ..... 115
- Моисеев С. А., Иванов С. М.**  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИНЕРГИИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ  
СЛОЖНОКООРДИНАЦИОННЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ РАЗЛИЧНОЙ  
ИНТЕНСИВНОСТИ..... 126

<b>Мыцык Д. Д., Омельченко С. О., Коба В. П.</b> ЕСТЕСТВЕННЫЙ АРЕАЛ И ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ <i>TAXUS</i> <i>VASSATA</i> НА ЕГО МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ.....	139
<b>Попова Н. Н.</b> БРИОФЛОРА ДЕЙСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ БОГУЧАРСКОГО ПРАВОБЕРЕЖНОГО СТЕПНОГО РАЙОНА (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ) .....	160
<b>Привалова И. Л., Черных Е. В., Шульгина Л. Н.</b> КРАТКОВРЕМЕННАЯ ПАМЯТЬ: РОЛЬ В ОБУЧЕНИИ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) .....	191
<b>Тимофеев Ю. В., Миноранский В. А.</b> ЗАВИСИМОСТЬ РАЗМНОЖЕНИЯ ЛИМНОФИЛЬНЫХ ПТИЦ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЗАПОВЕДНИКЕ «РОСТОВСКИЙ» НА ПРИМЕРЕ ЧЕГРАВЫ ( <i>HYDROPROGNE CASPIA</i> PALL.) .....	204
<b>Труш В. В., Соболев В. И., Попов М. Н., Бондаренко Н. Н.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СРОЧНЫХ И ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ЭФФЕКТОВ ЕСТЕСТВЕННОГО И СИНТЕТИЧЕСКОГО ГЛЮКОКОРТИКОИДОВ НА ПЕРИФЕРИЧЕСКОЕ ЗВЕНО НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА КРЫС .....	217
<b>Чмелева С. И., Сидякин А. И., Джелдубаева Э. Р., Туманянц К. Н., Ярмолюк Н. С.</b> АДАПТОГЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ЭКЗОГЕННОГО ЭПИБРАССИНОЛИДА НА <i>TRITICUM AESTIVUM</i> L. ПРИ НИЗКОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ...	236
<b>Чуян Е. Н., Миронюк И. С., Раваева М. Ю., Семенова Е. Ф., Каширина Н. А., Ливенцов С. Ю., Александрова Н. В.</b> ВАЗОТРОПНАЯ АКТИВНОСТЬ ВОДНЫХ ИЗВЛЕЧЕНИЙ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ РАЗЛИЧНЫХ ХЕМОТИПОВ <i>MENTHA</i> L. ....	247
<b>Шатунова С. В., Журнова С. В., Гончаров Д. А., Семенова Е. Ф., Шмараева А. Н., Гончаров М. А., Цокало И. Е.</b> БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ КАТРАНА <i>SRAMBE</i> L. – ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ И ПИЩЕВЫХ РАСТЕНИЙ .....	261

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Гришковец В. И., Яковишин Л. А., Корж Е. Н.</b> ВЛИЯНИЕ ТЕТРАБОРАТОВ ЛИТИЯ И КАЛИЯ НА ПРОЦЕСС ОТВЕРЖДЕНИЯ ГИПСА .....	271
<b>Цикалова В. Н., Цикалов В. В., Сулейманова К. Р.</b> ГЛИКОЗИЛИРОВАНИЕ РЯДА ХЛОРФЕНОЛОВ МЕТОДОМ МЕЖФАЗНОГО КАТАЛИЗА В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЕЙ .....	276
<b>СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....</b>	285
<b>СОДЕРЖАНИЕ .....</b>	292