

# **УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ**

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

**Научный журнал**

**Том 9 (75), № 3**

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

**Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского  
Симферополь, 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. № 3. С. 3–13.

**УДК 615.9:661.52**

## ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДА КРЕЗОКСИМ-МЕТИЛА

*Громов С. Р.<sup>1</sup>, Громова И. П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Фармацевтическое научно-производственное предприятие АО «Ретиноиды», Москва, Россия*

<sup>2</sup>*ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Мытищи, Россия*

*E-mail: gromovaip@mail.ru*

В статье представлены результаты экспериментальных токсикологических исследований по изучению технического продукта действующего вещества фунгицида – крезоксим-метила, относящегося к химическому классу стробилуринов. Цель исследования: выявить характер биологического действия вещества при пероральном поступлении ксенобиотика в организм лабораторных животных через желудочно-кишечный тракт в условиях хронического эксперимента. Для обеспечения большей надежности экстраполяции данных токсикологических исследований на человека, в опытах были использованы белые крысы. Использование белых крыс обосновано их устойчивостью к интеркуррентным заболеваниям, а также тем, что реакции их биологических систем на воздействие токсических веществ сходны с реакциями организма человека. Для оценки состояния обменных процессов и физиологических изменений в организме экспериментальных животных при воздействии ксенобиотика проводились биохимические, гематологические, физиологические и морфологические исследования. На основании полученных экспериментальных данных были установлены особенности биологического действия токсиканта на организм теплокровных.

**Ключевые слова:** фунгицид, стробилурины, хроническая токсичность, биологическое действие.

### ВВЕДЕНИЕ

В интегрированной системе защиты культурных растений от вредителей, болезней, сорняков значительное место отводится пестицидам. Вместе с тем, применение все большего числа новых химических средств защиты растений предопределяет опасность загрязнения окружающей среды токсическими веществами и их неблагоприятного воздействия на здоровье человека [1].

Ассортимент применяемых в сельском хозяйстве фунгицидов постоянно обновляется. При этом с гигиенических позиций, определяющим моментом является замена высокотоксичных и стойких пестицидов на менее опасные, но обладающие широким спектром фунгицидного действия химические соединения. К перспективным, с этой точки зрения, относятся фунгициды нового поколения, появившиеся после препаратов триазольного ряда – представители класса стробилуринов, обладающие умеренной токсичностью, длительным защитным

эффектом, а низкие нормы расхода способствуют успешному внедрению препаратов на их основе в практику сельского хозяйства во всем мире.

Изучение структуры природных стробирулинов позволило создать новый класс синтетических фунгицидов, являющихся биологически активными аналогами природных веществ, обладающих высокой устойчивостью и фунгицидной активностью, а так же совершенно новым механизмом действия.

Фунгициды, относящиеся к химической группе оксиминоацетатов, локально-системные фунгициды широкого спектра действия, эффективны против настоящих мучнисто-росяных и ложных мучнисто-росяных грибов [2].

Действующее вещество крезоксим-метил относится к стробилуринам А (ISO) (methyl (E)-methoxyimino[2-(o-tolylloxymethyl)phenyl] acetate (IUPAC), CAS №: 143390-89-0, C<sub>18</sub>H<sub>19</sub>NO<sub>4</sub>) представляет собой порошок белого цвета со слабым химическим запахом, растворимость которого при 20 °С в воде 2 мг/л. Стабильность водного раствора: в течение 24 часов гидролиза не происходит (рН 7, 20 °С).

По литературным данным вещество мало изучено. Имеются сведения, опубликованные в доступной литературе. Так, по показателю острой пероральной и дермальной токсичности относится к малоопасным соединениям: среднесмертельная доза (LD50) перорально (крысы) составляет > 5000 мг/кг м.т., дермально (LD50) (крысы) > 2000 мг/кг м.т., а по острой ингаляционной токсичности – к умеренно опасным соединениям LC50 (крысы) > 5600 мг/м<sup>3</sup> при 4-х часовой экспозиции. Действующее вещество не оказывает раздражающего действия на кожу, а также слизистые оболочки глаз кроликов; не обладает сенсibiliзирующими свойствами. Обладает замедленным нейротоксическим действием (NOAEL – 2000 мг/кг) [3].

При тестировании вещества на 2-х видах животных был выявлен канцерогенный эффект (отмечалось учащение рака печени) и отсутствие генотоксичности. Вещество оценено, как умеренно опасный агент (3 класс опасности). Не обладает эмбриотоксическим и тератогенным действием на уровне токсичности для материнского организма и плода – максимальная доза, не приводящая к развитию наблюдаемых эффектов (NOEL) 1000 мг/кг м.т., не обладает репродуктивной токсичностью – доза, не оказывающая видимого нежелательного эффекта (NOAEL) 100 мг/кг.

В исследованиях на крысах установлено, что вещество быстро абсорбируется, распределяется во всех органах и тканях, быстро выводится из организма преимущественно с фекалиями (67–81 %) и мочой (9–28 %). С желчью выводится около 15–43 %. Через 120 часов 90 % вещества экскретируется из организма. Максимальные концентрации радиоактивности определялись в течение 0,5–2 часов преимущественно в печени, почках, крови, гастроинтестинальном отделе.

Биотрансформация химического вещества характеризуется рядом метаболических реакций: разрыв сложного эфира, окисление эфиров и бензил-эфирных связей, гидроксilaция кольца в пара-положении, окисление арил-метиловых групп в бензиловый спирт с последующим окислением в соответствующие карбоновые кислоты. Вещество выделяется преимущественно в виде родительской молекулы – до 75 %.

Идентифицированные метаболиты токсикологически не значимы и обнаруживаются главным образом в связанной форме в виде конъюгатов с глюкуроновой кислотой или сульфатов.

В соответствии с гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности [4] крезоксим-метил относится по острой пероральной и дермальной токсичности, раздражающему действию на кожу, аллергенности, тератогенности, эмбриотоксичности и мутагенности к 4 классу опасности (малоопасен); по стойкости в почве, репродуктивной токсичности и канцерогенности – к 3 классу опасности (умеренно опасен); по раздражающему действию на слизистые оболочки глаз – 3В классу.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для установления характера биологического действия крезоксим-метила (технический продукт с чистотой 95 %), которое входит в состав препаративных форм пестицидов, применяемых в сельском хозяйстве Российской Федерации на широком спектре полевых и садовых культур) на организм теплокровных при его многократном пероральном воздействии были проведены экспериментальные исследования на лабораторных животных (половозрелые белые крысы–самцы).

Предметами исследования были биосреды лабораторных животных (цельная кровь, сыворотка крови, внутренние органы), функциональные, физиологические, биохимические, гематологические, патоморфологические показатели в динамике хронического воздействия химического вещества. При выполнении экспериментальных исследований были использованы общепринятые физиологические, гематологические, биохимические, патоморфологические и статистические методы. Исследования проведены в динамике хронического 12-ти месячного воздействия (фон, 1, 3, 6 и 12 месяцев), в соответствии с действующими методическими документами [5–7].

Изучение влияния вещества на организм теплокровных при хроническом пероральном воздействии проведено на 40 белых крысах–самцах с массой тела 200–210 г, которые были разделены на 4 группы: 3 опытных и 1 контрольная (по 10 животных в каждой группе). Для опыта были взяты животные, выдержанные в течение 10–14 дней в лабораторном карантине. Животных содержали в виварии на общем рационе питания при комнатной температуре 18–22 °С. Вещество, разведенное с Твин 80, вводили в организм крыс с кормом 5 дней в неделю в дозах: 1 группа крыс – 9,0 мг/кг м.т., 2 группа – 36,0 мг/кг м.т., 3 группа – 144,0 мг/кг м.т., 4 группа – контрольная. Крысам контрольной группы давали корм с Твин 80 в эквивалентном объеме.

Выбор доз для проведения хронического опыта обоснован результатами острого эксперимента, а также литературными данными о токсическом действии химического вещества.

В динамике эксперимента проводили наблюдение за внешним видом, общим состоянием и поведением животных, сроками гибели и клинической картиной интоксикации, регистрировали изменения массы тела, функциональных, физиологических, биохимических и гематологических показателей. Состояние

нервной системы оценивали по способности животных к суммации подпороговых импульсов (суммационно-пороговый показатель – СПП, в вольтах) с помощью импульсного стимулятора ИСЭ – 01.

Исследования физиологических показателей (общая активность, длина пути, время отдыха, норковый рефлекс, ориентировочная реакция) проводили на совмещенной установке «открытого поля» и «открытой площадки» с автоматической регистрацией поведения крыс (прибор ОРО-МАКС «Columbus Instumehts», США).

Гематологические показатели регистрировали в цельной крови животных с помощью автоматических гематологических анализаторов «CELL-DYN® 3700 System» (США) и «Abacus Junior Vet 5» (Австрия). Были изучены следующие показатели: концентрация лейкоцитов (содержание в процентах нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов), эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, средний объем эритроцита, среднее содержание гемоглобина в эритроците, средняя концентрация гемоглобина в эритроците.

Биохимические исследования выполняли на автоматических биохимических анализаторах «EOS Bravo Forte» фирмы «HOSPITEX DIAGNOSTICS S.A.» (Италия) и «Chem Well 2910» фирмы «Awareness Technology Inc.» (США) с использованием диагностических наборов реактивов производства «HOSPITEX DIAGNOSTICS s.r.l. (Италия). Изучались следующие показатели: аланинаминотрансаминаза (АЛТ), аспаратаминотрансаминаза (АСТ), альбумин, общий белок, мочевая кислота, мочевины, глюкоза, щелочная фосфатаза (ЩФ), триглицериды, холестерин, лактатдегидрогеназа (ЛДГ), холинэстераза, креатинин, амилаза, хлориды.

По окончании эксперимента выведение животных из эксперимента осуществляли в соответствии с рекомендациями Европейской Конвенции по защите позвоночных животных, используемых при экспериментальных исследованиях (2003) (эвтаназия животных с CO<sub>2</sub> в боксе). При вскрытии были проведены определения коэффициентов абсолютной и относительной массы внутренних органов и полная некропсия тел экспериментальных животных.

Для гистологических исследований были взяты следующие органы: головной мозг, щитовидная железа, тимус, сердце, лёгкое (участок левой доли), печень (левую долю), желудок (фундальная часть), селезёнка, поджелудочная железа (желудочно-селезёночная часть), тонкая кишка, толстая кишка, почки, надпочечники, семенники. В головном мозге выделяли три зоны: кора большого мозга, гиппокамп, мозжечок.

Гистологический материал фиксировали в 10 % растворе забуференного нейтрального фармалина и заливали в парафин. Проводку гистологического материала и парафиновую инфильтрацию осуществляли с помощью гистопроцессора STP-120 карусельного типа («MICROM» Германия); заливку в парафин производили с помощью заливочной станции EC350-1 EC350-2 («MICROM» Германия).

Гистологические срезы толщиной 4–6 мкм готовили с помощью ротационного микротомы НМ 325 с системой переноса срезов («MICROM» Германия). Заключение срезов осуществляли на аппарате для обработки и автоматизированного

заключения гистологических срезов под покровное стекло Tissue-Tek Glas («SAKURA» Япония).

Срезы окрашивали гематоксилин – эозином по общепринятой методике на автоматическом мультистайнере Tissue-Tek DRS 2000 для окраски гистологических препаратов («SAKURA» Япония). Дополнительно срезы головного мозга окрашивали по Нисслию, толуидиновым синим, для выявления базофильной субстанции в нейронах [8].

На препаратах, окрашенных по Нисслию, была проведена количественная оценка степени изменений нейронов (СИН) ганглионарного слоя коры мозжечка во всех группах животных. Был применен метод А. В. Свищева (1975 г.), который позволяет оценить морфологические изменения в нейронах в баллах в тех случаях, когда приходится иметь дело преимущественно с обратимыми морфологическими изменениями ЦНС.

Обзорный гистоморфологический анализ препаратов проводили с помощью системы Vision Morpho, состоящей из микроскопа МТ 5300L, Meiji Techno (Япония), цифровой видеокамеры, компьютера Nix с программным обеспечением.

Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми математико-статистическими методами на базе современных информационных технологий с применением типового лицензионного программного обеспечения Microsoft-MS Office (MS Excel, XLSTAT-Pro) с определением t-критерия Стьюдента. Различия показателей считались статистически достоверными при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе динамики массы тела подопытных животных при введении токсиканта в высшей дозе (144 мг/кг м.т.) было отмечено ее статистически достоверное снижение через 2 месяца опыта по сравнению с контрольными животными.

Через 1 месяц эксперимента у опытных животных при воздействии ксенобиотика в максимальной дозе (144,0 мг/кг м.т.) было зарегистрировано статистически достоверное увеличение СПП, а через 12 месяцев исследования – снижение СПП.

При оценке поведенческих реакций через 6 месяцев исследования у животных, получавших вещество в высшей дозе, наблюдалось статистически значимое снижение норкового рефлекса, а через 12 месяцев – увеличение ориентировочной реакции.

Гематологические исследования выявили статистически достоверное снижение относительного содержания моноцитов в периферической крови подопытных животных через 3 месяца эксперимента при введении изучаемого химического вещества в дозе 144,0 мг/кг м.т.

При биохимических исследованиях статистически значимые изменения были отмечены при воздействии ксенобиотика также в максимальной дозе. Через 1 месяц воздействия вещества – снижение содержания альбумина и повышение уровня холестерина в сыворотке крови. После 3-х месяцев было отмечено достоверное снижение активности АСТ, уровня альбумина, мочевой кислоты и увеличение

содержания креатинина. Через 6 месяцев отмечалось снижение активности ЛДГ, холинэстеразы, снижение содержания альбумина, мочевой кислоты и увеличение содержания глюкозы. После 12 месяцев воздействия было выявлено статистически достоверное снижение уровня альбумина и активности АСТ.

Вещество, вводимое опытным животным на уровне доз 9 мг/кг м.т. и 36 мг/кг м.т., не вызвало достоверных изменений массы тела животных, СПП, поведенческих реакций, гематологических и биохимических показателей на протяжении всего эксперимента.

В конце опыта было отмечено достоверное увеличение абсолютной массы семенников у животных, получавших вещество в высшей дозе (144,0 мг/кг м.т.).

По результатам гистологических исследований внутренних органов животных после хронического воздействия ксенобиотика в дозе 144 мг/кг м.т. было выявлено в их cito- и гистоархитектонике ряд изменений. Наиболее отчетливые сдвиги отмечены в следующих органах: головной мозг, щитовидная железа, сердце, лёгкие, печень, селезёнка, поджелудочная железа, почки.

При микроскопическом исследовании мозга была найдена выраженная сосудистая реакция в виде гиперплазии, стазов переваскулярного отёка. В структурах головного мозга, в том числе, в коре большого мозга, гиппокампе, мозжечке, отмечалось увеличение содержания гипохромных нейроцитов. Хотя, по данным литературы обнаруженные изменения носят приспособительный обратимый характер, факт усиления нейрофагии позволяет говорить о гибели клеток и снижении численности нейронной популяции в составе вышеперечисленных участков головного мозга [9].

Одной из характерных черт изменений в щитовидной железе было увеличение содержания фолликулов, имеющих крупные размеры, плоскую форму тиреоцитов, плотную консистенцию коллоида, что свидетельствует о гипофункциональном характере работы органа (присутствовали обширные пласты интерфолликулярного эпителия и локусы с гиперплазией парафолликулярных клеток).

В тимусе было отмечено более интенсивное разрастание соединительно-тканной стромы. В паренхиме долек превалировало корковое вещество.

При исследовании сердца были зафиксированы следующие изменения: ткань миокарда чаще всего полнокровна, в стенках левого желудочка наблюдались небольшие кровоизлияния, в мелких сосудах – стазы. В строме миокарда был невыраженный отёк на фоне расширения капилляров и артериол. Соединительно-тканные волокна выглядели немного набухшими. Интенсивность восприятия отдельными мышечными кардиомиоцитами кислых красителей (эозин) больше всего наблюдалась в стенке левого желудочка. В поляризованном свете основная часть миокардиальных клеток сохраняла нормальную структуру, но с небольшим количеством локусов с контрактурами I – II степени.

В лёгких было отмечено снижение объёмной доли воздуходержащей части в респираторных отделах. Более резко выступала реакция БАЛТ – бронхоассоциированной лимфоидной ткани. Была отмечена гиперплазия переваскулярных инфильтратов.



При исследовании печени были зафиксированы следующие изменения: одной из постоянных черт реакции печёночной паренхимы было нарушение цито – и гистоархитектоники. Оно демонстрировалось картинками дисконфлексии печёночных балок, усилением активности звёздчатых клеток, наличием повышенного содержания моноклиарных инфильтратов, застоем в портальных трактах.

В поджелудочной железе в ряде случаев были зарегистрированы очаги экстрозионного блока панкреоцитов. Протоковая система – свободна. Эндокринный отдел железы – без особенностей.

Белая пульпа селезёнки превалировала и в основной массе была представлена обширными лимфатическими влагалищами, обильно инфильтрированными лимфоидными клетками. Фолликулы крупные, без реактивных центров. Красная пульпа сформирована обширными венозными синусами с обильным содержанием эритроцитов.

Кардиальная часть и дно желудка в основном без особенностей.

При исследовании тонкого кишечника было отмечено во всех опытных группах исследованных крыс без особенностей в гистоархитектонике, но с наличием эозинофилов в подслизистой оболочке.

В толстом кишечнике отмечено наличие крупных лимфоидных фолликулов в подслизистой оболочке.

В паренхиме почек опытных крыс наиболее характерными изменениями были множественные переваскулярные и перитабулярные инфильтраты, а также были обнаружены очаги десквамации эпителиальных клеток в проксимальных канальцах нефронов и в собирательных трубках.

Паренхима надпочечников была без особенностей, кора преобладала над мозговым веществом. Новых локусов клубочковой зоны, характерных для стрессовых ситуаций отмечено не было.

При исследовании семенников изменения не обнаружены, но были отмечены единичные случаи локального интерстициального отёка.

Выборочное исследование головного мозга, щитовидной железы, лёгких, сердца, печени, селезёнки, поджелудочной железы и почек крыс-самцов после воздействия вещества в дозах 9 мг/кг м.т. и 36 мг/кг м.т. не выявило значимых гистологических изменений в состоянии вышеперечисленных внутренних органов по сравнению с состоянием органов контрольных животных.

Во все сроки исследования у животных опытных групп, получавших вещество в дозах 9,0 и 36,0 мг/кг м.т., не было выявлено статистически достоверных по сравнению с контролем изменений по всем изученным физиологическим, гематологическим, биохимическим и морфологическим показателям.

Статистически достоверные изменения изученных показателей были отмечены только у животных опытной группы, получавших действующее вещество в высшей дозе – 144,0 мг/кг м.т.

Полученные разнонаправленные изменения количества пороговых импульсов у животных, которые необходимы для получения двигательного эффекта, а также поведенческих реакций могут указывать на развитие процессов нарушений в ЦНС

(повышение торможения или возбуждения) под влиянием действующего вещества. Полученные данные согласуются с имеющимися в литературе сведениями о способности пестицидов оказывать влияние на центральную нервную систему [10].

Изменения гематологических показателей у животных при воздействии вещества в высшей дозе не выходили за пределы физиологических колебаний, за исключением снижения количества моноцитов, что характерно для большинства пестицидов, способных изменять уровень гемоглобина и количество форменных элементов крови, а также влиять на процентное соотношение нейтрофилов в лейкоцитарной формуле, как при остром, так и при хроническом отравлениях [11].

Одним из наиболее распространенных видов биологического действия химических веществ является их способность влиять на белковый и аминокислотный обмен в организме, о чем свидетельствуют изменения ряда биохимических показателей.

Известно, что производные класса стробилуринов оказывают гепатропное действие [12–15]. Проведенные экспериментальные исследования по изучению хронической токсичности вещества сопровождались нарушением белоксинтезирующей функции печени, но с развитием слабо выраженной гипопроотеинемии, обусловленной в большей степени снижением количества белков мелкодисперсных фракций (гипоальбуминемия).

Одной из причин белковой недостаточности, возможно нарушение синтеза белковых структур ферментов, регулирующих превращение белков и аминокислот, что приводит к снижению их активности, и как следствие к патологическим изменениям межучточного обмена белков, который охватывает весь комплекс превращений различных аминокислот в реакциях переаминирования, дезаминирования, декарборксилирования, трансаминирования и др.

Наблюдавшееся в хроническом эксперименте при пероральном введении пестицида снижение количества альбумина, активности АСТ, ЛДГ, холинэстеразы, количества мочевой кислоты как сопряженных показателей экскреторной функции печени подтверждает сведения о возможном поражении печени как основного органа, участвующего в детоксикации ксенобиотиков.

Проведенное патоморфологическое исследование четырнадцати внутренних органов крыс, получавших токсикант в дозах 144 мг/кг м.т., 36 мг/кг м.т., 9 мг/кг м.т. установило отчетливые изменения лишь при действии высшей дозы. Тропность вещества выявлена в отношении ряда органов, а именно в структуре головного мозга, в т. ч. коры большого мозга, гиппокампа, мозжечка, щитовидной железы, сердца, лёгких, печени, поджелудочной железы, селезёнки, почек. Анализ установленных изменений в цито- и гистоархитектонике вышеперечисленных органов позволяет говорить о раздражающем характере действия больших доз препарата при хроническом применении в течение 12-ти месяцев, поскольку явных деструктивных изменений в органах не обнаружено.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Крезоксим-метил оказывает политропное действие в организме экспериментальных животных, вызывая достоверные:

– недозозависимые изменения массы тела, повышение содержания холестерина, креатинина, глюкозы;

– дозозависимое изменение функционального состояния ЦНС, снижение альбумина, мочевой кислоты, ферментативной активности сыворотки крови (АСТ, ЛДГ, холинэстераза), увеличение абсолютной массы семенников, морфофункциональные изменения в щитовидной железе, сердце, лёгких, печени, поджелудочной железе, селезёнке, почках, структуре головного мозга, в том числе коры большого мозга, гиппокампе, мозжечке, без деструктивных нарушений, носящие обратимый характер.

На основании изменений изученных показателей была обоснована недействующая доза крезоксим-метила (NOELch), на уровне 36,0 мг/кг массы тела.

### Список литературы

1. Попова А. Ю. Научная концепция развития нормативно-методической основы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения / А. Ю. Попова, В. Б. Гурвич, С. В. Кузьмин [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, вып. 12. – С. 1226–1230.
2. Зинченко В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность / В. А. Зинченко. – М. : Колос, 2012. – 127 с.
3. The Pesticide Manual. 18<sup>th</sup> Edition, Editor J. A. Turner, BCPC, The Garden Studio, 4 Hillside, Aldershot, Hampshire, GU11 3NB, UK. 2018. Available at: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bcpc.org/product/the-pesticide-manual-18th-edition> (дата обращения: 03.07.2023).
4. Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности – Методические рекомендации № 2001/26 от 16.04.01. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092700> (дата обращения: 03.07.2023).
5. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов, ВНИИГИНТОКС. – Киев: 1988. – 210 с.
6. Методические рекомендации по использованию поведенческих реакций животных в токсикологических исследованиях для целей гигиенического нормирования. – Киев: 1980. – 47 с.
7. Меньшиков В. В. Лабораторные методы исследований в клинике: Справочник / В. В. Меньшиков, Л. Н. Делекторская, Р. П. Золотницкая [и др.]. – М.: Медицина, 1987. – 368 с.
8. Маковская Е. И. К проблеме морфофункциональных изменений при интоксикации пестицидами / Е. И. Маковская, М. С. Пушкарь // Сб. Гигиена применения, токсикология пестицидов и полимерных материалов. – 1988. – вып. 18. – С. 149–152.
9. Ярыгин Н. Е. Патологические и приспособительные изменения нейрона / Н. Е. Ярыгин, В. Н. Ярыгин. – М. : Медицина, 1973. – 191 с.
10. Павленко С. М. Применение суммационно-порогового показателя в токсикологическом эксперименте на белых крысах / С. М. Павленко // Сб. МНИИГ им. Ф. Ф. Эрисмана Методики санитарно-токсикологического эксперимента. – 1975. – С. 5–7.
11. Каган Ю. С. Основные результаты и задачи исследований по токсикологии пестицидов / Ю. С. Каган // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – 1986. – № 8. – С. 1–5.
12. Summary of toxicology data. Kresoxim-methyl.12/23/99 // California environmental protection agency. Department of pesticide regulation medical toxicology branch [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cdpr.ca.gov/> (дата обращения 03.07.2023).
13. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance kresoxim-methyl. European Food Safety Authority European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy Summary [Электронный ресурс]. URL: <http://www.efsa.europa.eu> (дата обращения 03.07.2023).
14. EPA. Pesticide Fact Sheet. Kresoxim-methyl. September 1998 [Электронный ресурс]. URL: [https://www3.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/registration/fs\\_PC-129111\\_01-Sep-98.pdf](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-129111_01-Sep-98.pdf) (дата обращения 03.07.2023).

15. Cresoxim-methyl. JMPR 1998, First draft prepared by K. Fujimori. National Institute of Health Sciences, Токуо, Япон [Электронный ресурс]. URL: <https://inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v098pr10.htm> (дата обращения 03.07.2023).

## STUDY OF THE NATURE OF BIOLOGICAL ACTION OF THE PESTICIDE CRESOXIM-METHYL

*Gromov S. R.<sup>1</sup>, Gromova I. P.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Farm scientific and production enterprise of JSC "Retinoids", Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Federal budgetary institution of science "Federal Scientific Center for Hygiene named after F. F. Erisman" of Rospotrebnadzor, Mytishchi, Russia*

*E-mail: gromovaip@mail.ru*

In agriculture of the Russian Federation, preparations based on active substances of the chemical class strobilurin, which are characterized by high fungicidal activity and a unique mechanism of action, are actively used as promising new-generation fungicides. Taking into account the possibility of contact with pesticides by the general public and their ingestion with food, water and air, it is important to assess the degree of their toxicity and hazard at different routes of entry to prevent possible adverse effects on humans. The article presents the results of experimental toxicological studies of the technical product of fungicide of strobilurin class – cresoxim-methyl to reveal the nature of its biological effect at oral intake of xenobiotic into the body of laboratory animals under chronic experimental conditions. To ensure greater reliability of extrapolation of the data of toxicological studies on humans, white rats were used in the experiments. The use of white rats is justified by their resistance to intercurrent diseases, as well as by the fact that the reactions of their biological systems to the effects of toxic substances are similar to those of the human organism. Biochemical, hematological, physiological and morphological studies were conducted to assess the state of metabolic processes and physiological changes in the animal organism under xenobiotic exposure. On the basis of the obtained experimental data the main parameters of toxicity and features of biological effect of toxicant on the organism of warm-blooded animals were established. The substance has a polytropic effect, causing reliable non dose-dependent changes in body weight, increase in cholesterol, creatinine, glucose; dose-dependent changes in the functional state of the central nervous system, decrease in albumin, uric acid, enzymatic activity of blood serum (aspartate transaminase, lactate dehydrogenase, cholinesterase), increase in the absolute weight of testes, morphofunctional changes in the structure of the brain, including the cerebral cortex, hippocampus, cerebellum, thyroid gland, heart, lungs, liver, pancreas, spleen, kidneys without destructive disorders that are reversible. On the basis of the changes in the studied parameters, a non-reactive dose of cresoxime methyl (NOELch) was justified, at the level of 36.0 mg/kg body weight.

**Keywords:** fungicide, strobilurins, chronic toxicity, biological action.

References

1. Popova A. Yu., Gurvich V. B., Kuzmin S. V., Orlov M. S., Yarushin S. V., Mishina A. L., Scientific concept of development of a standard and methodical basis of ensuring sanitary-and-epidemiologic wellbeing of the population, *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*, 96(12), 1226 (2017). (in Russ.).
2. Zinchenko V. A. *Chemical protection of plants: means, technology and environmental safety*, 127 p. (Kolos, 2012). (in Russ.).
3. *The Pesticide Manual. 18th Edition, Editor J. A. Turner, BCPC, The Garden Studio, 4 Hillside, Aldershot, Hampshire, GU11 3NB, UK. 2018* Available at: <https://www.bcpc.org/product/the-pesticide-manual-18th-edition> *Hedera syrup*, (Accessed August 8, 2022).
4. *Hygienic classification of pesticides by degree of hazard - Methodical Recommendations No. 2001/26 of 16.04.01 Hedera syrup*, <https://docs.cntd.ru/document/1200092700> (Accessed July 3, 2023).
5. Guidelines for Hygienic Evaluation of New Pesticides, VNIIGINTOX, 210 p. (Kiev, 1988). (in Russ.).
6. Guidelines for the Use of Animal Behavioral Responses in Toxicological Studies for Hygienic Rationing Purposes, 47 p. (Kiev, 1980). (in Russ.).
7. Menshikov V. V., Delektorskaya L. N., Zolotnitskaya R. P., *Laboratory methods of research in the clinic: Handbook*, 368 p. (Medicine, 1987). (in Russ.).
8. Makovskaya E. I., Pushkar M. S., To the problem of morphofunctional changes in pesticide intoxication, *Collection Hygiene of use, toxicology of pesticides and polymer materials*, 18, 149 (1988). (in Russ.).
9. Yarygin N. E., Yarygin V. N., *Pathological and adaptive neuron changes*, 191 p. (Medicine, 1973). (in Russ.)
10. Pavlenko S. M., Application of the summation threshold in the toxicological experiment on white rats, *Methods of the sanitary and toxicological experiment: Collection Moscow Research Institute of Hygiene named after F. F. Erisman*, 5 (1975). (in Russ.).
11. Kagan Y. S., Main results and objectives of research on pesticide toxicology, *Occupational health and occupational diseases*, 8, 1 (1986). (in Russ.).
12. *Summary of toxicology data. Kresoxim-methyl.12/23/99 (California environmental protection agency. Department of pesticide regulation medical toxicology branch) Hedera syrup*, <https://www.cdpr.ca.gov/> (Accessed July 3, 2023).
13. *Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance kresoxim-methyl. European Food Safety Authority European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy Summary Hedera syrup* <http://www.efsa.europa.eu> (Accessed July 3, 2023).
14. EPA. *Pesticide Fact Sheet. Kresoxim-methyl. September 1998 Hedera syrup*, [https://www3.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/registration/fs\\_PC-129111\\_01-Sep-98.pdf](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-129111_01-Sep-98.pdf) (Accessed July 3, 2023).
15. *Kresoxim-methyl. JMPR 1998, First draft prepared by K. Fujimori. National Institute of Health Sciences, Tokyo, Japan Hedera syrup*, <https://inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/v098pr10.htm> (Accessed July 3, 2023).

**УДК 614.77**

## **ФУНГИЦИДЫ И АКТИВНОСТЬ ГИДРОЛИТИЧЕСКОГО ЭНЗИМА ГРУППЫ АМИДАЗ В ПОЧВЕ**

*Громова И. П.*

*ФБУН «ФНЦГ им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, Мытищи, Россия  
E-mail: gromovaip@mail.ru*

При выполнении комплексных гигиенических исследований по нормированию фунгицидов, стойких в почве, на основе производных триазолов (флутриафол) и стробилуринов (флуоксастробин) в условиях лабораторного эксперимента было изучено влияние токсикантов на общесанитарный показатель вредности, в том числе, на ферментативную активность гидролитического энзима группы амидаз – уреазы. Установлено, что химические вещества в высоких концентрациях оказывают разнонаправленное действие на активность фермента, выражающееся торможением процессов азотистого обмена в почве и высокой устойчивостью к ингибирующим факторам.

**Ключевые слова:** почва, фунгициды, энзимы, уреазы, ферментативная активность, самоочищение, безопасность.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В антропогенном загрязнении почв эмерджентными макро- и микрополлютантами довольно значительную часть занимают фунгициды, которые оказывают разнонаправленное влияние на ее биоту в связи с некоторыми своими химическими, физическими и биологическими свойствами. Большинство из них являются высокотоксичными и мутагенными соединениями, способными не только накапливаться в почве, а также мигрировать в биосфере за счет абиотических и биотических процессов. Пестицидная нагрузка на почву приводит к изменению характерных для нее физических, агрохимических, микробиологических и биохимических свойств (плотность, кислотность, аэрация, водный и температурный режимы и др.) нарушая тем самым ее способность выполнять экологические функции.

Наиболее чувствительным к антропогенному воздействию является почвенный микробиоценоз, так как, в первую очередь, изменяются биохимические процессы, происходящие в почве при участии почвенных ферментов, которые имеют большое значение среди факторов биологической активности почвы - одного из индикаторов ее экологического состояния [1].

Известно, что наиболее эффективно применение биохимических методов диагностики и мониторинга почв при оценке влияния на ее экологическое состояние загрязнения различными поллютантами (нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы, пестициды и др.). Использованию ферментативной активности (ФА), которая отражает напряженность и направленность процессов биохимических

превращений, протекающих в почве, в качестве интегрального критерия дает возможность ее высокая чувствительность к внешнему влиянию, малая погрешность экспериментов, доступность и простота методов определения (Галстян, 1974; Звягинцев, 1978; Даденко, 2004; Казеев и др., 2004, 2008, 2010; Денисова и др., 2005; Колесников и др., 2007, 2008 и др.; Хазиев, 1976, 2015) [2–4].

В почве все изменения, связь, синтез, деструкция органических и неорганических частей и веществ осуществляются энзимологическим комплексом (почвенные энзимы) катализаторов белковой природы – ферментами, различного происхождения, поступающих из микроорганизмов, водорослей, лишайников, корней высших растений, почвенной мезофауны. Они обладают высокой активностью, своеобразием эффектов, зависимостью от факторов внешней среды [5–7].

Определение активности ферментов основано на определении количества продукта реакции, образующегося в результате переработки в процессе реакции в оптимальных условиях температуры, pH среды, концентрации субстратов, величины навески почвы [8].

Уреаза (амидаза) относится к большому классу почвенных энзимов – гидролаз, которые обширно распространены в почвах и принимают непосредственное участие, наряду с окислительно-восстановительными ферментами, в насыщении их питательными веществами для растений и микроорганизмов. Механизм действия этих ферментов заключается в разрушение высокомолекулярных органических соединений путем катализации реакций гидролиза биологических полимеров, воздействуя на различные виды связей, в том числе на сложноэфирные, глюкозидные, амидные и пептидные. Образующиеся в результате протеолиза свободные аминокислоты, азотистые основания, амиды переходят в стадию аммонификации – биодеградации мочевины. Процесс гидролиза и превращения в доступную форму азота мочевины неразрывно связано с действием уреазы [9].

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для обоснования предельно допустимых концентраций действующих веществ (ДВ) фунгицидов флутриафола (производное триазолов) и флуоксастробина (производное стробилуринов), обладающих высокой персистентностью в почве (2 класс опасности), согласно методике нормирования ДВ пестицидов в почве по основному комплексному критерию гигиенической оценки опасности загрязнения – предельно допустимой концентрации (ПДК), в условиях стационарного 60-дневного лабораторного эксперимента были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния ксенобиотиков на общесанитарный показатель вредности (ОСПВ), характеризующий изменение индикаторных параметров определяющих безопасность почвы для населения, а также показателей биологической активности почвы (набор ферментативных реакций, являющихся индикаторами интенсивности протекания биологических процессов в почве), определяющих ее самоочищение от токсикантов. Динамика изменения этих показателей позволяет судить о биологической активности как почвы в целом, так и отдельных процессов трансформации эндогенных и экзогенных соединений [10–12].

Флутриафол (технический продукт с чистотой 99,0 %) (International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) – (RS)-2,4'-difluoro-a-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)benzhydryl alcohol; № Chemical Abstracts Service (CAS) 76674-21-0) – кристаллическое вещество белого цвета без запаха. Молекулярная масса 301,29; температура плавления 130° С; плотность 1,41 г/см<sup>3</sup> при 20° С; давление паров при 20° С 4,0·10<sup>-7</sup> Па; растворимость в воде (20° С): 0,18 г/л (рН 4), 0,13 г/л (рН 7 и рН 9); растворимость в органических растворителях (21° С): ацетон –114–133 г/л; этилацетат – 29–33 г/л; н-гептан < 10 г/л; ксилол < 10 г/л; дихлорэтан – 20–25 г/л; метанол –114–133 г/л. Стабильность в водных растворах при рН 4, 7, 9 в течение 30 дней при температуре 50° С. ДВ медленно деградирует в аэробных лабораторных условиях с периодом полураспада (ДТ50) 350–490 дней. В анаэробных условиях ДТ50 флутриафола более года. В полевых условиях флутриафол обладает достаточно высокой биологической устойчивостью в почве (ДТ50=25 недель до более 30 недель). Умеренно сорбируется почвой – коэффициент сорбции (Кос) 205. ДВ абсорбируется почвенно-поглощающим комплексом почвы. С увеличением содержания глинистых частиц и органического вещества в почве показатель сорбции увеличивается, а при увеличении рН сорбция медленно уменьшается [13].

Флутриафол – ДВ системных и контактных фунгицидов широкого спектра действия для предпосевной обработки семян зерновых колосовых (озимых и яровых), просолнечника, льна и просо против возбудителей ржавчины, мучнистой росы, пятнистостей листьев и колоса, а также для наземного опрыскивания в период вегетации на зерновых, садовых, овощных культурах, винограде и газонных травах с нормами расхода 0,6–2,0 л/т семян [14].

Гигиенические нормативы: ДСД – 0,01 мг/кг массы тела человека; ПДК в воде водоемов – 0,006 мг/дм<sup>3</sup> (общесанитарный), ПДК в воздухе рабочей зоны – 0,4 мг/м<sup>3</sup>; ОБУВ в атмосферном воздухе – 0,005 мг/м<sup>3</sup> [15].

Флуоксастробин (технический продукт с чистотой 98,5 %): IUPAC - (E)-{2-[6-(2-chlorophenoxy)-5-fluoropyrimidin-4-yloxy]phenyl}(5,6-dihydro-1,4,2-dioxazin-3-yl)methanone O-methyloxime – International Organization for Standardization (ISO); № CAS 361377-29-9. Это белое кристаллическое вещество со слабым запахом, состоит из двух оптических изомеров E и Z. Температура плавления: 103–108° С. Давление паров при 20° С: 6·10<sup>-10</sup> Па. Коэффициент распределения в системе н-октанол/вода при 20° С: Кow log P = 2,86. Растворимость (г/дм<sup>3</sup>) при 20° С: н-гептан – 0,04, 2-пропанол – 6,7, ксилол – 38,1, ацетон, ацетонитрил, дихлорметан, этилацетат – все более 250; вода – 0,0023. ДТ50 флуоксастробина в лабораторных условиях составил 12,1–319 дней, в полевых условиях 82–271 день, 77–107 дней (почва с растительностью), 16–119 дней (не засеянная почва). ДВ хорошо связывается почвой с низким потенциалом подвижности по профилю почв – Кос 424–1582. [13].

Флуоксастробин – ДВ системных смесевых фунгицидов лечебного, защитного и искореняющего болезни действия против поверхностной и внутренней семенной инфекции зерновых культур с нормами расхода 1,25-1,5 л/т семян [14].

Гигиенические нормативы: ДСД – 0,015 мг/кг массы тела человека; ПДК в воде водоемов – 0,01 мг/дм<sup>3</sup> (органолептический, общесанитарный), ОБУВ в воздухе рабочей зоны – 1,0 мг/м<sup>3</sup>; ОБУВ в атмосферном воздухе – 0,002 мг/м<sup>3</sup> [15].



Опыты проведены с учётом физико-химических свойств нормируемых ДВ, в стандартных микроклиматических (температура 20–30<sup>0</sup> С, влажность 65–70 %) и почвенных условиях с использованием единого, имитирующего, стандартного модельного почвенного эталона (МПЭ), что максимально способствует выявлению воздействия экзогенных химических веществ на почвенный биоценоз.

МПЭ основан на постоянном гранулометрическом и физико-химическом составе песчаной почвы – смесь из чистого средне- и мелкозернистого карьерного песка, отобранного с глубины 3 м от поверхности почвы. Физико-химический состав и свойства стандартного МПЭ: механический – количество частиц с диаметром > 0,1 мм 95 %, количество частиц с диаметром < 0,1 мм 5 %, количество частиц с диаметром 0,1-0,25 мм ≥ 50 %, максимальный размер частиц ≤ 2 мм; органический углерод (по Тюрину) 0,5-1,5 %); емкость поглощения 5 мг-экв/100 г почвы; сумма обменных оснований < 3 мг-экв/100 г почвы; рН-водной вытяжки 6,1–6,5. Песок обладает высокой воздухо-, тепло- и влагопроводностью, малой теплоемкостью, незначительной водоудерживающей способностью, а также имеет минимальную сорбционную способность и может быть использован в экспериментальных исследованиях [16].

Для создания оптимальных условий протекания процессов аммонификации и нитрификации в МПЭ были добавлены соли сернокислого аммония, фосфорнокислого калия, сернокислого магния, гидроокись кальция, а также «болтушка» перегнойной почвы в количестве 1 % от веса почвы.

В навески МПЭ вносили в стерильной водопроводной воде рассчитанные концентрации нормируемых ДВ, предварительно растворенные в ацетоне (ацетон, фармакопей (RFE, USP, BP, Ph. Eur.), содержание основного компонента 99,9 %, фирмы Panreac (Испания)), и микробную смесь аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (1 мл на 1 кг МПЭ). Равномерно распределяя по всему объему. Общее количество воды не превышало рассчитанного объема на навеску воздушно-сухой почвы, обеспечивающего влажность МПЭ 60 % от полной влагоемкости. Затем тщательно перемешивали стерильными шпателями и помещали в полипропиленовые контейнеры с светонепроницаемыми стенками высотой 25 см (высота пахотного слоя) и объемом 5 кг. Постоянную влажность МПЭ (60 %) поддерживают путем полива опытных и контрольных сосудов, предварительно взвешенных вначале опыта, стерильной водопроводной водой не менее 2-х раз в неделю с учетом веса контейнеров с отобранными в процессе эксперимента пробами МПЭ.

Эксперимент включал три варианта с каждым ДВ в трех повторностях с внесением концентраций флутриафола 0,01–0,1–1,0 мг/кг и флуоксастробина 0,001–0,01–0,1 мг/кг, включая чистый контроль. В качестве исходных концентраций ДВ были приняты концентрации, которые создаются в почве (мг/кг абсолютно сухой почвы) при рекомендуемых максимальных нормах расхода препарата/ов на их основе (кг/га), разрешенных к применению в условиях сельского хозяйства Российской Федерации (РФ). Выбор последующих испытываемых концентраций осуществлялся на основании результатов предварительных исследований по выбору, действующих и/или недействующих концентраций ДВ по изучаемому

показателю вредности. В нашем варианте эти концентрации ДВ были на порядок ниже максимально рекомендуемых. Так как стойкость ДВ в почве больше одного срока вегетационного периода, кроме концентрации, создающейся при максимально рекомендуемой норме расхода, в опытах были испытаны концентрации на порядок (в 10 раз) выше максимальных норм расхода фунгицидных препаратов на основе ДВ. Необходимость проведения исследований пестицидов в концентрациях, на порядок превышающих максимально рекомендуемую норму расхода, является основанием возможности кумуляции ДВ в почве при многократном применении, а также потому, что при целенаправленном внесении пестицидов на поверхность почвы в ее пахотном слое создаются концентрации, превышающие допустимые содержания токсикантов в расчете на пахотный слой [16].

Уреазную активность (УА) почвы определяли по методу Т. А. Щербаковой с использованием реактива Несслера для количественного определения  $N-NH_4^+$  (мг/кг почвы за 24 часа при  $t = 37^\circ C$ ). Метод основан на спектрофотометрическом измерении количества окрашенных комплексов реактива Несслера с аммиаком (аммонийным азотом), образующимся при гидролизе мочевины под действием уреазы. Концентрацию аммонийного азота в растворе определяли по калибровочному графику, построенному по серии растворов хлорида аммония, а активность уреазы рассчитывали по формуле, в которой обязательно учитывали контрольное измерение количества аммиака, имеющегося в почве, в том числе образующегося неферментативным путем, с учетом контрольных измерений в стерильной почве [17].

Результаты обработаны методами статистического анализа с помощью типового лицензионного программного обеспечения Microsoft-MS Office (MS Excel, XLSTAT-Pro). Различия показателей считались достоверными при  $p < 0,01$  и  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Многими исследователями УА рассматривается в качестве одного из наиболее информативных показателей интенсивности ферментативных процессов в почве, загрязненной ксенобиотиками различной природы, и ее самоочищающей способности – значительной экологической функции почвы, за счет которой обеспечивается защита самого почвенного покрова и сопредельных сред, как от химического, так и от бактериального загрязнения. Действие уреазы связано с гидролитическим расщеплением связи между азотом и углеродом (CO-NH) в молекулах азотсодержащих органических соединений. В результате последовательного протеолитического разложения до полипептидов и аминокислот на завершающих стадиях аммонификации, обеспечивающих образование аммония, под действием амидогидролаз, к которым относится уреазы, азот органических соединений переходит в минеральную форму [18, 19].

Внесение ДВ фунгицидов в почву вызвало время-зависимые изменения УА.

Через сутки после начала инкубирования в образцах почвы, загрязненных флутриафолом в максимальной концентрации 1,0 мг/кг почвы происходило достоверное ингибирование УА на 50 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем (контроль – 3,0  $N-NH_4^+$ /кг, 1,0 мг/кг – 1,5  $N-NH_4^+$ /кг). При дальнейшей

инкубации (до 7 суток) активность фермента в почвенных вариантах, содержащих 1,0 мг/кг почвы также была достоверно ( $p < 0,05$ ) снижена на 50 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем (контроль – 0,5 N-NH<sup>4</sup>/кг, 1,0 мг/кг – 0,2 N-NH<sup>4</sup>/кг). В дальнейшем УА в почвенных вариантах, содержащих ДВ 1,0 мг/кг почвы не отличалась от контрольного варианта до 60 суток опыта.

Через 14 суток после начала инкубирования в образцах почвы, загрязненных флуоксастробином в высшей концентрации 0,1 мг/кг почвы УА достоверно снизилась на 80 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контролем (контроль – 0,5 N-NH<sup>4</sup>/кг, 0,1 мг/кг – 0,1 N-NH<sup>4</sup>/кг). При дальнейшем инкубировании (до 45 суток) активность фермента в почвенных вариантах, содержащих 0,1 мг флуоксастробина/кг почвы, повысилась до уровня незагрязненной почвы. Однако в варианте, загрязненном с внесением флуоксастробина в высокой концентрации 0,1 мг/кг почвы, к 60 суткам инкубирования эксперимента происходило значительное – до 150 % (контроль – 0,2 N-NH<sup>4</sup>/кг, 0,1 мг/кг – 0,5 N-NH<sup>4</sup>/кг) стимулирование активности фермента.

Флутриафол в концентрациях 0,01 мг/кг и 0,1 мг/кг почвы, а также флуоксастробин в концентрациях 0,001 мг/кг и 0,01 мг/кг почвы не оказали токсического действия на УА в загрязненной опытной почве.

Следовательно, при высоком содержании флутриафола и флуоксастробина в почве (1,0 мг/кг и 0,1 мг/кг, соответственно), было отмечено как снижение, так и повышение УА, которые свидетельствуют о различной интенсификации процессов накопления минерального азота в почве и ее самоочищения от ДВ фунгицидов.

Снижение ФА уреазы свидетельствует о негативном влиянии ДВ на способность почвы эффективно осуществлять азотный обмен. Последующее нарастание активности уреазы и высокий уровень ее в почвенных образцах в конце опыта дает основание сделать вывод о высокой устойчивости этого фермента к ингибирующим факторам. Потому следует считать, что этот фермент играет большую роль в самоочищении почв от ксенобиотиков [20].

Целесообразность проведения исследований по изучению ферментативной активности уреазы в качестве одного из скрининговых показателей, характеризующих работу естественной системы защиты почвы (процессов самоочищения) определяется тем, что в условиях техногенного прессинга возможно ее изменение, что может привести к нарушению одной из главных ее функций – поддержания экологического равновесия всего биогеоценоза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлена зависимость концентрация–эффект действующих веществ фунгицидов, производных разных химических классов (флутриафол и флуоксастробин) и уреазной активности почвы, выражающаяся ингибированием (токсическое действие веществ на способность почвы эффективно осуществлять азотистый обмен) и стимуляцией – флуоксастробин (повышенная сопротивляемость активности фермента к токсиканту).

Полученные результаты характеризуют специфическую ответную реакцию почвенной биоты на внешнее антропогенное воздействие.

Список литературы

1. Федорец Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорец, М. В. Медведева // Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. – 2009. – 84 с.
2. Хазиев Ф. Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф. Х. Хазиев. – М. : Наука, 1982. – 204 с.
3. Даденко Е. В. Оценка применимости показателей ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв / Е. В. Даденко, Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев [и др.] // Поволжский экологический журнал. – 2013. – № 4. – С. 385–393.
4. Михайловская Н. А. Ферментативная активность дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы при разной обеспеченности подвижным калием / Н. А. Михайловская, И. М. Богдевич, Т. В. Погирицкая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – Т. 47, вып. 2. – С. 112–120
5. Звягинцев Д. Г. Иммунизированные ферменты в почвах / Д. Г. Звягинцев. – Микробные метаболиты. – М. : Изд. МГУ, 1979. – С. 31–46.
6. Наими О. И. Влияние антропогенных факторов на ферментативную активность чернозема обыкновенного / О. И. Наими, О. Ю. Куцерубова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – Т. 58, вып. 2. – С. 58–62.
7. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М. : Наука, 2005. – 254 с.
8. Инишева Л. И. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов / Л. И. Инишева, С. Н. Ивлева, Т. А. Щербакова. – Томск : Изд-во том. ун-та, 2002. – 119 с.
9. Еремин Д. И. Возможности ускорения разложения соломы яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья / Д. И. Еремин, А. А. Ахтямова // Агропродовольственная политика России. 2015. – Т. 40, вып. 4. – С. 35–38.
10. Гигиеническая классификация пестицидов по степени опасности – Методические рекомендации № 2001/26 от 16.04.01. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092700> (дата обращения: 02.08.2023).
11. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов, ВНИИГИНТОКС. – Киев: 1988. – 210 с.
12. Методические рекомендации по установлению ПДК химических веществ в почве. Москва, 1982. № 2609–82.
13. The Pesticide Manual. 18th Edition, Editor J. A. Turner, BCPC, The Garden Studio, 4 Hillside, Aldershot, Hampshire, GU11 3NB, UK. 2018. Available at: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bcpc.org/product/the-pesticide-manual-18th-edition> (дата обращения: 02.08.2023).
14. Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, Москва: ООО «Издательство Агрорус»; 2023. Ежегодник. Выпуск 27. [Электронный ресурс]. URL: <https://direct.farm/content/80b/80b39d0a9d0a47b59a2a41797df9320f8780584.pdf> (дата обращения: 02.08.2023).
15. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. СанПиН 1.2.3685-21.-М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2021. – 255 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN\\_sreda%20\\_obitaniya\\_compressed.pdf](https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN_sreda%20_obitaniya_compressed.pdf) (дата обращения: 02.08.2023).
16. Гончарук Е. И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве / Е. И. Гончарук, Г. И. Сидоренко. – М. : Медицина, 1986. – 320 с.
17. Швакова Э. В. Активность уреазы в почвах Евроарктического региона / Э. В. Швакова, Ж. В. Рыкалова // Новая наука: от идеи к результату. – 2016. –Т. 90, вып. 6-2. – С. 3–5.
18. Звягинцев Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Л. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : МГУ, 2005. – 445 с.
19. Хазиев Ф. Х. Функциональная роль ферментов в почвенных процессах / Ф. Х. Хазиев // Вестник академии наук РБ. – 2015. – Т. 20, вып. 2 (78). – С. 14–24.
20. Доспехов Б. А. Практикум по земледелию / Б. А. Доспехов, И. П. Васильев, А. М. Туликов // Учебник для вузов // 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – С. 57–58.

## FUNGICIDES AND ACTIVITY OF THE HYDROLYTIC ENZYME OF THE AMIDASE GROUP IN THE SOIL

*Gromova I. P.*

*Federal budgetary institution of science "Federal Scientific Center for Hygiene named after F. F. Erisman" of Rosпотребнадзор, Mytishchi, Russia  
E-mail: gromovaip@mail.ru*

The biological activity of the soil is determined by the total activity of biochemical processes with the participation of soil enzymes. With the help of indicators of the biological activity of the soil, including its enzymatic activity, when studying the effects of soil pollution, it is possible to characterize the direction and speed of changes occurring in the soil, as well as to assess the level of possible danger of pollutants when studying the processes of its self-purification. The biological activity of the soil does not depend on the origin and type of soil. This feature is very important when conducting experimental studies to substantiate the maximum permissible concentrations of chemicals in the soil. When performing complex hygienic studies on the rationing of active substances of fungicides, highly resistant in soil, based on triazole derivatives (flutriafol) and strobilurines (fluoхastrobin) in a laboratory experiment, the effect of toxicants on the general sanitary index of harmfulness, including the enzymatic activity of the hydrolytic enzyme of the amidase – urease group, an enzyme that plays an important role in the transformation of nitrogen-containing compounds, the activity of which determines the important stages of their transformation in the soil. The need to conduct studies of the activity of this enzyme as an indicator of the ability of the soil to self-purification is determined by the fact that under conditions of technogenic pressure, its change is possible. As a result, there may be a violation of one of the main functions of soils – maintaining the ecological balance of the entire biogeocenosis. The experiment included three variants with each substance in three repetitions including pure control. A time-effective relationship has been established between high concentrations of fungicides, derivatives of different chemical classes and soil urease activity, expressed by inhibition of activity – flutriafol, fluoxastrobin (toxic effect of substances on the ability of soil to effectively carry out nitrogen metabolism) and stimulation of activity – fluoxastrobin (high resistance of the enzyme to inhibitory factors). Urease activity serves as an objective enzymatic criterion for assessing the effect of fungicides on the processes of self-purification of soil from toxicants.

**Keywords:** soil, fungicides, enzymes, urease, enzymatic activity, self-purification, safety.

### References

1. Fedorets N. G., Medvedeva M. V., *Methods of soil research in urbanized territories*, 84 p. (Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2009). (in Russ.).
2. Khaziev F. H., *System-ecological analysis of the enzymatic activity of soils*. 204 p, (Nauka, 1982). (in Russ.).

3. Dadenko E. V., Denisova T. V., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., Assessment of the applicability of indicators of enzymatic activity in biodiagnostics and soil monitoring, *Volga ecological journal*, **4**, 385 (2013). (in Russ.).
4. Mikhailovskaya N. A., Bogdevich I. M., Pogiritskaya T. V., Vasilevskaya O. V., Enzymatic activity sod-podzolic loose-sandy soil with different availability of mobile potassium, *Soil science and agrochemistry*, **47**(2), 112 (2011). (in Russ.).
5. Zvyagintsev D. G., *Immobilized Enzymes in Soils*, 31 p. (Microbial Metabolites, Izd. MGU, 1979). (in Russ.).
6. Naimi O. I., Kucerubova O. Yu. The influence of anthropogenic factors on the enzymatic activity of ordinary chernozem, *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya*, **58**(2), 58 (2015). (in Russ.).
7. Khaziev F. Kh. *Methods of Soil Enzymology*, 254 p. (Nauka, 2005). (in Russ.).
8. Inisheva L. I., Ivleva S. N., Shcherbakova T. A., *Guidelines for determining the enzymatic activity of peat letters and peat*, 119 p. (Tomsk: Publishing House vol. un-ta, 2002). (in Russ.).
9. Eremin D. I., Akhtyamova A. A., Possibilities of decomposition of spring wheat straw accelerating in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals, *Agroproduktivnaya politika Rossii*, **40**(4), 35 (2015). (in Russ.).
10. *Hygienic classification of pesticides by degree of hazard* – Methodical Recommendations No. 2001/26 of 16.04.01 Hedera syrup, <https://docs.cntd.ru/document/1200092700> (Accessed August 2, 2023).
11. *Guidelines for Hygienic Evaluation of New Pesticides*, VNIIGINTOX, 210 p. (Kiev, 1988). (in Russ.).
12. *Guidelines for the establishment of MPCs for chemicals in the soil*. Moscow, 1982. No. 2609-82. (in Russ.).
13. *The Pesticide Manual*. 18th Edition, Editor J. A. Turner, BCPC, The Garden Studio, 4 Hillside, Aldershot, Hampshire, GU11 3NB, UK. 2018 Available at: <https://www.bcpc.org/product/the-pesticide-manual-18th-edition> Hedera syrup, (Accessed August 2, 2023).
14. *Handbook of pesticides and agrochemicals approved for use on the territory of the Russian Federation*, (Agrorus Publishing House, 2023). Yearbook. Issue 27 Available at: <https://direct.farm/content/80b/80b39d0a9d0a47b59a2a41797df9320f8780584.pdf> (Accessed August 2, 2023).
15. *Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans*, SanPiN 1.2.3685-21, 255 p. (Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2021) Available at: [https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN\\_sreda%20\\_obitaniya\\_compressed.pdf](https://www.rospotrebnadzor.ru/files/news/GN_sreda%20_obitaniya_compressed.pdf) (Accessed August 2, 2023).
16. Goncharuk E. I., Sidorenko G. I. *Hygienic regulation of chemicals in the soil*, 320 p. (Medicina, 1986). (in Russ.).
17. Shvakova E. V., Rykalova Zh. V., Urease activity in soils of the Euroarctic region, *New science: from idea to result*, **90**(6-2), 3 (2016). (in Russ.).
18. Zvyagintsev D. G. *Soil biology*, 445 p. (Moscow State University, 2005). (in Russ.).
19. Khaziev F. H. The functional role of enzymes in soil processes, *Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Belarus*, 20, **78**(2), 14 (2015). (in Russ.).
20. Dospikhov B. A., Vasiliev I. P., Tulikov A. M., *Practicum on agriculture*, 57 (Agropromizdat, 1987). (in Russ.).

**УДК 572.087**

## **АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИЦ МУЖСКОГО ПОЛА 15–22 ЛЕТ Г. КАЛУГА**

*Захаров М. Б.<sup>1</sup>, Романова А. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ГАПОУ КО «Калужский колледж экономики и технологий», Калуга, Россия*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», Калуга, Россия*

*E-mail: katran085@yandex.ru*

Представлены результаты исследования длины тела, массы тела и индекса массы тела лиц мужского пола 15–22 лет из г. Калуга. Согласно критерию Колмогорова-Смирнова, в полученных данных отсутствует нормальное распределение, а согласно критерию U Манна-Уитни и критерию Н Краскела-Уоллеса выявлены достоверные статистические различия между несколькими группами возрастов, которые, в свою очередь, не соответствуют признанной классификации возрастных периодов в науке.

**Ключевые слова:** мужской пол, юноши, длина тела, масса тела, индекс массы тела.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последнее время всё большую популярность в различных регионах нашей страны набирают исследования антропометрических показателей с целью характеристики физических особенностей лиц в исследуемых областях. Изучены антропометрические особенности жителей Московской, Волгоградской, Оренбургской, Воронежской, Нижегородской и других областей, в том числе и за границей [1–5].

Однако по Калужской области подобных исследований для молодежи за последнее десятилетие не опубликовано. Поэтому, целью данной работы является сбор и анализ антропометрических данных у лиц мужского пола в возрасте 15–22 лет, проживающих на территории Калужской области.

С гигиенических позиций здоровье и обучение взаимосвязаны и взаимообусловлены. В условиях повышения информационных нагрузок и интенсивности учебного процесса возрастают требования к физическому состоянию и здоровью обучаемых.

Следует отметить, что мониторинг антропометрических показателей включен в обязательную программу профилактических осмотров, что позволяет проследить динамику физического развития отдельных социальных групп населения [6].

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследовании приняли участие 122 человека мужского пола в возрасте от 15 до 22 лет, у которых определялись такие антропометрические признаки, как длина и масса тела. Длина тела измерялась ростомером «Диаконс 19459», масса тела –

весами медицинскими напольными «Твес ВМЭН-150-50/100-Д2-А». На основании этих признаков рассчитывался индекс массы тела (ИМТ). Сбор данных осуществлялся с 2019 по 2021 год.

Обработка полученных данных проводилась с помощью статистического программного пакета IBM SPSS Statistics. Определяли среднюю арифметическую величину показателей с ее ошибкой, а также среднее квадратичное отклонение с его ошибкой.

Исследуемые лица соответствовали разным возрастным периодам взросления. Так, период в 15–16 лет считается подростковым возрастом для мужского пола, период с 17 лет до 21 года – юношеским возрастом, а с 22 лет юноши становятся взрослыми [7].

Поскольку данные возрастные периоды являются усредненными, основанными на учете изменений множества признаков, они не могут в полной мере отражать изменения, характерные для конкретного признака, например, массы тела или ее длины. Исходя из этих соображений, авторы исследования создали группы отдельно для каждого признака для подсчета средних величин следующим образом. Изначально определяли средние для каждого года, а затем сформировали собственные возрастные периоды в зависимости от наличия или отсутствия между соседними годами статистических различий. Если статистических различий между различными годами по признаку не обнаруживалось, их объединяли и сравнивали со следующим годом. Если различия обнаруживались, группы разных лет не объединяли, что привело к формированию собственных возрастных периодов для изменений массы, длины и индекса массы тела отдельно.

Также для более корректных расчетов исключались некоторые испытуемые, статистически не соответствующие выборке, то есть имеющие «выбросы» в значениях длины или массы тела (слишком высокая или низкая длина тела, слишком высокая или низкая масса тела).

Все полученные данные по разным признакам и возрастам проходили проверку на принадлежность к нормальному распределению по критерию Колмогорова-Смирнова. При отсутствии нормального распределения для нахождения статистических различий использовался U критерий Манна-Уитни.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В таблице 1 представлены собранные данные по всем исследуемым годам мужского пола после статистической обработки.

Васильев А. А. указывает в своей работе, что средняя длина тела юношей 18 лет в Оренбургской области составляет 176,5 см [8]. В настоящей работе получены сходные величины длины тела у калужских юношей 18 лет. Лхагвасурэн Г. пишет, ссылаясь на другие источники, что средняя длина тела юношей также 18 лет на территории Монголии составляла в 1967 году 163,48 см, а в 2007 году – 169,1 см, что очевидно меньше, чем для оренбуржцев и калужан. В других проанализированных источниках средние значения длины или массы тела по отдельным годам не встречались [9].



Таблица 1

Средняя арифметическая величина, среднеквадратичное отклонение и их ошибки у различных возрастов в пределах мужского пола

Возраст, годы	Значение признака	
	$M \pm m$	$\delta \pm m$
	Длина тела, см	
15	171,81±1,56	8,82±1,56
16	174,97±1,20	7,49±1,20
17	174,25±2,27	6,43±2,27
18	177,25±3,64	7,27±3,63
19	173,33±1,56*	5,39±1,56
20	182,17±2,18	5,34±2,18
21	181,60±2,76	6,19±2,76
22	174,83±1,90	4,66±1,90
	Масса тела, кг	
15	58,16±1,75*	9,897±1,75
16	66,13±2,60	16,26±2,60
17	67,63±4,05	11,47±4,05
18	70,50±3,17	6,35±3,175
19	68,75±3,60	14,39±3,60
20	70,00±4,58*	12,96±4,58
21	78,43±3,42	9,07±3,42
22	83,80±11,28	35,67±11,28
	Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	
15	19,67±0,49*	2,80±0,49
16	21,53±0,76	4,79±0,76
17	19,70±2,73	8,21±2,73
18	22,56±1,62	3,23±1,62
19	22,54±0,88	3,73±0,88
20	21,79±1,20*	3,60±1,20
21	24,44±0,85	2,97±0,85
22	25,60±3,09	10,25±3,09

*Примечание.* В данной и других таблицах показатели выражены в виде: М – средняя величина,  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение, m – стандартная ошибка всех изученных показателей. Статистически значимые различия для данного возраста и последующего: \* –  $p < 0,05$ .

В таблице 2 представлены данные средних величин признаков возрастных периодов, полученных на основе описанных выше статистических подходов. Возрастные периоды, полученные для различных признаков, не совпали друг с другом, что указывает на гетерохронность изменений длины и массы тела.

Таблица 2

Средняя арифметическая величина, среднеквадратичное отклонение и их ошибка в различных группах мужского пола, разделенных по возрасту

Возраст, годы	Значение признака		Значение U критерия	Статистическая значимость, p
	M±m	δ±m		
Длина тела, см				
15–19	173,74±0,79	7,68±0,79	446,000	0,003**
20–22	179,41±1,48	6,12±1,48		
Масса тела, кг				
15	58,16±1,75	9,90±1,75	711,000	0,001**
16–20	67,49±1,67	14,51±1,67		
21–22	81,59±6,66	27,46±6,66	370,500	0,007**
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>				
15	19,60±0,49	2,80±0,49	839,000	0,006**
16–20	21,64±0,54	4,84±0,54		
21–22	24,99±1,51	7,25±1,51	608,000	0,016*

Примечание. Статистически значимые различия для данного возраста и последующего:  
\* – p < 0,05, \*\* – p < 0,005

По признаку длины тела в пределах мужского пола получились две группы возрастов – 15–19 лет и 20–22 лет с различиями высокого уровня достоверности. Следовательно, подростки 15 и 16 лет вошли по длине тела в категорию юношей до 19 лет, а очередной скачок роста произошел у них лишь к 20 годам.

Масса тела в пределах мужского пола, согласно таблице 2, делится на 3 группы: 15 лет, 16–20 лет и 21–22 года. Подростки к 15-ти годам выросли за счет увеличения продукции соматотропина в этот возрастной период, который не способствует набору жировой массы, активируя липолиз, а также белковый анаболизм, при котором костная и мышечная ткани растут в соответствии друг с другом, давая максимальный прирост в длине, но не массе. Видно, что к 16 годам подростки прибавляют весомую массу, но растут не интенсивно, поэтому по массе 16-летние парни попадают в возрастной период с юношами до 20 лет. Они как бы «догоняют» набор веса по отношению к длине тела, что видно по изменению индекса массы тела, возрастные периоды которого совпадают с периодами изменения массы тела.

Скачок роста в рассматриваемом возрастном диапазоне произошел к 20 годам, а по массе на год позже, что снова подтверждает изначальное удлинение тела, и лишь затем следующий за ним прирост массы тела.

Если рассматривать индекс массы тела (ИМТ) как производную величину от массы тела и длины тела, то логично, что в пределах мужского пола, согласно таблице 2, ИМТ также делится на 3 группы: 15 лет, 16–20 лет и 21–22 года. При этом разница между группами 15 лет и 16–20 лет составляет 1,04 кг/м<sup>2</sup>, а между

группами 16–20 лет и 21–22 года уже 3,35 кг/м<sup>2</sup>, однако все возрастные периоды соответствуют норме, так как значение индекса массы тела согласно рекомендациям всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) считается нормальным в границах 18–25 кг/м<sup>2</sup>.

Отметим, что исследования других авторов подтверждают полученные нами результаты. Так, К. Т. Тимошенко пишет о развитии студентов: «...У студентов-юношей оно продолжается по всем основным показателям – длине и массе тела, объёму груди» [10].

Очевидно, что возрастные периоды, полученные отдельно по каждому признаку, наиболее емко отражают суть хронологии изменений данного параметра, в отличие от общих периодов, созданных для удобства возрастной периодизации, и не позволяющих в полной мере отражать скачки изменений отдельного признака. Поэтому, при мониторинге состояния здоровья и физического развития населения следует обязательно учитывать не только общие, стандартизированные значения особенностей населения с учётом региона, этноса, пола и возраста [11], но и временной диапазон жизни того или иного поколения, а также дифференцировать возрастные периоды отдельно для каждого признака, руководствуясь его значениями по каждому году либо значениями периодов, определенных для каждого признака в отдельности. Однако для этого необходим длительный и обширный мониторинг антропометрических показателей населения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование антропометрических показателей у обучающихся мужского пола на территории Калужской области показало наличие гетерохронности в развитии признаков – длины и массы тела. На основе полученных данных авторами исследования были сформированы отдельные возрастные периоды для каждого исследуемого признака. Заметим, что полученные группы в результате собранных данных не соответствуют признанной классификации возрастных периодов в науке.

У лиц мужского пола 15–22 лет продолжают активные антропометрические изменения не только у подростков, но и у юношей, а также у ранних взрослых, они растут и набирают массу скачками в эти периоды. При этом, сначала больше растут (15–19 лет в одной ростовой категории), затем набирают массу тела (скачек к 16 годам), поэтому возрастные периоды по массе и длине тела не соответствуют друг другу, однако «группы» возрастов по массе тела соответствуют группам возрастов по ИМТ. Очевидный прирост по длине тела происходит лишь к 20 годам, а по массе снова позже – только к 21 году.

## Список литературы

1. Иванников А. И. Динамика и тенденции физического развития детей Воронежской области. / А. И. Иванников, В. П. Ситникова, А. Н. Пашков // Вопросы современной педиатрии. – 2007. – 6 (2). – С. 24–28.
2. Калюжный Е. А. Антропометрический и физиологический статус современных учащихся / Е. А. Калюжный, А. М. Ромашкина, Т. Н. Астанакулов // Международный научно-

- исследовательский журнал. – 2021. – № 4-2(106). – С. 58–61. – DOI 10.23670/IRJ.2021.106.4.035. – EDN KWEIJJH.
3. Мандриков В. Б. Соматотипологические и антропометрические особенности юношей допризывного возраста Волгоградского региона. / В. Б. Мандриков, А. И. Краюшкин, А. С. Прачук // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2011. – 4 (40), С. 98–101.
  4. Результаты анализа антропометрических и биоимпедансометрических исследований у студентов города Омска / Е. Г. Блинова, И. С. Акимова, М. Г. Чеснокова, Л. В. Демакова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 543. – EDN SYZRPZ.
  5. Ямпольская Ю. А. Физическое развитие и функциональные возможности подростков 15–17 лет, обучающихся в школе и профессиональном училище. / Ямпольская Ю. А. // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. – 2007. – 86 (5). – С. 69–72.
  6. Агаева К. Ф. Современная характеристика антропометрических показателей студентов Азербайджанской государственной морской академии / К. Ф. Агаева, С. А. Гаджизаде // Общественное здоровье и здравоохранение. – 2016. – № 3(51). – С. 15–18. – EDN WNDXNZ.
  7. Комиссарова Е. Н. Морфологические критерии возрастной гигиены / Е. Н. Комиссарова, П. В. Родичкин, Л. А. Сазонова // Учебное пособие. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 12.
  8. Васильев А. А. Первые данные по антропологическим показателям физического развития юношей и девушек Оренбургского региона в возрасте 18 лет / А. А. Васильев // Альманах молодой науки. – 2021. – № 2(41). – С. 10-13. – EDN VUMOYP.
  9. Лхагвасурэн Г. Динамические аспекты антропометрии и функции монгольских студентов / Г. Лхагвасурэн, Б. Э. Шагдар, С. Энэбиш // Адаптация учащихся всех ступеней образования в условиях современного образовательного процесса: Сборник статей участников XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Арзамас, 14–15 декабря 2018 года / Под общей редакцией Ю.Г. Кузмичева. – Арзамас: Арзамасский филиал Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского, 2018. – С. 54–56. – EDN YKQKHK.
  10. Антропометрические показатели студентов юношеского возраста на начальном этапе обучения в вузе / К. Т. Тимошенко, В. Н. Николенко, Т. Ш. Миннибаев [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2016. – № 6(279). – С. 29–32. – EDN WCFZHD.
  11. Алексеева В. А. Антропометрические параметры девушек Якутии с позиции центильного анализа / В. А. Алексеева, А. Б. Гурьева // Образовательный вестник Сознание. – 2020. – Т. 22, № 11. – С. 70–73. – DOI 10.26787/nydha-2686-6846-2020-22-11-70-73. – EDN QIFFWQ.

## **ANTHROPOMETRIC INDICATORS OF MALES PERSONS AGED 15-21, KALUGA**

***Zakharov M. B.<sup>1</sup>, Romanova A. N.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Kaluga College of Economics and Technology, Kaluga, Kaluga region, Russia*

<sup>2</sup>*Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovski, Kaluga, Kaluga region, Russia*

*E-mail: katran085@yandex.ru*

Studies of anthropometric indicators are gaining more and more popularity in various regions of our country. On the example of Kaluga, anthropometric data of the male sex, such as body length, body weight and body mass index (BMI) were collected and processed.

From 2019 to 2021, 122 people were examined. The studied persons were of different ages and, according to the classification accepted in science, corresponded to different age periods of growing up.

Since these age periods are averaged, we tried to create separate age groups for each studied trait, depending on the presence of statistical differences between neighboring ages. All the data obtained were checked in accordance with the Kolmogorov-Smirnov criterion for the normality of the distribution, and the Mann-Whitney U-test and the Kraskel-Wallace H-test were used to find statistical differences.

As a result of the study, according to the signs of body length and body weight, the age periods did not coincide with each other, which indicates the heterochronicity of changes in body length and weight.

Based on the length of the body within the male sex, two groups of ages were obtained, and the body weight within the male sex is divided into 3 groups. The body mass index (BMI) within the male sex is also divided into 3 groups.

This study found that among males, active growth continues not only in adolescents, but also in young men, as well as in early adults, they gain weight rapidly during these periods

It should be noted that the approach we use most succinctly reflects the essence of the chronology of changes in these characteristics, in contrast to the general periods created for the convenience of age periodization, and does not allow us to fully reflect the jumps in changes in a particular trait.

Therefore, when conducting anthropometric studies, it is not enough to take into account only the general, standardized values of the characteristics of the population, taking into account the region, ethnicity, gender and age [11]. It is also necessary to take into account the time range of generation life; differentiate age periods separately for each trait, guided by its values for each year or the values of periods defined for each trait separately. All this requires long-term and large-scale monitoring of anthropometric indicators of the population.

**Keywords:** male, boys, body length, body weight, body mass index.

### References

1. Ivannikov A. I., Sitnikova V. P., & Pashkov A. N. Dynamics and trends of physical development of children of the Voronezh region. *Issues of modern pediatrics*, **6(2)**, p. 24.
2. Kalyuzhny E. A. Anthropometric and physiological status of modern students. *International Scientific Research Journal*, **4-2(106)**, 58 (2021). DOI 10.23670/IRJ.2021.106.4.035.
3. Mandrikov V. B., Krayushkin A. I., & Prachuk A. S. Somatotypological and anthropometric features of young men of pre-conscription age in the Volgograd region. *Bulletin of the Volgograd State Medical University*, **4(40)**, p. 9. (2011).
4. Blinova E. G., Akimova I. S., Chesnokova M. G., Demakova L. V.. The results of the analysis of anthropometric and bioimpedance studies in students of the city of Omsk. *Modern problems of science and education*, **(3)**, 543 (2014).
5. Yampolskaya Yu.A. Physical development and functional capabilities of adolescents aged 15-17 years studying at school and vocational school. *Pediatrics. G. N. Speransky Journal*, **86(5)**, 69(2007).
6. Agayeva K. F. S. A. Hajizade Modern characteristics of anthropometric indicators of students of the Azerbaijan State Maritime Academy. *Public health and healthcare*, **3(51)**, 15 (2016).

7. Komissarova E. N., Rodichkin P. V., Sazonova L. A. *Morphological criteria of age hygiene*. (St. Petersburg, 2014) p. 12.
8. Vasiliev A. A. The first data on anthropological indicators of physical development of young men and girls of the Orenburg region at the age of 18 years. *Almanac of young science*, **2(41)**, p. 10. (2021)
9. Lhagvasuren G. *Dynamic aspects of anthropometry and the functions of Mongolian students*, XIV All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation edited by Kuzmichev Yu. G, (N. I. Lobachevsky National Research University, Arzamas, 2018), p. 54.
10. Timoshenko K. T., Nikolenko V. N., Minnibayev T. S., Nikityuk D. B., Klochkova S. V. Anthropometric indicators of youth students at the initial stage of study at the university. *Population health and habitat*, **6(279)**, 29 (2016).
11. Alekseeva V. A., Guryeva A. B. Anthropometric parameters of girls of Yakutia from the position of centile analysis. *Educational bulletin Consciousness*, **22(11)**, 70 (2020). DOI 10.26787/nydha-2686-6846-2020-22-11-70-73.

**УДК 615.322**

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ *ASPARAGUS RACEMOSUS***

*Зимбитцкая Г. Е.<sup>1</sup>, Козлова А. П.<sup>1</sup>, Суботьялов М. А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,  
Новосибирск, Россия*

*E-mail: subotyalov@yandex.ru*

В обзоре представлен анализ публикаций, посвященных выявлению биологической активности и компонентного состава растения *Asparagus racemosus*. При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в международные и отечественные базы данных PubMed и Elibrary (РИНЦ). Проведенный анализ показал, что в составе *Asparagus racemosus* присутствует широкий спектр биологически активных веществ: флавоноиды, стероидные сапонины, эфирные масла, макро- и микроэлементы и другие. В исследованиях были продемонстрированы антиоксидантный, противоопухолевый, эстрогенный, иммуномодулирующий, противомикробный, антидиабетический и другие эффекты. Обзор показал, что *Asparagus racemosus* обладает терапевтическим потенциалом и может быть перспективным видом сырья для разработки средств, эффективных при различных заболеваниях.

**Ключевые слова:** *Asparagus racemosus*, биологическая активность, компонентный состав, растительные ресурсы, фармакогнозия.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В медицинской практике постоянно существует необходимость в новых лекарственных средствах. Современные фармацевтические препараты должны быть экономически выгодны, безопасны, эффективны и обладать широким спектром действия. Поэтому большое внимание уделяется поискам и введению в фармацевтику новых источников биологически активных веществ. Таким перспективным источником среди растений может являться *Asparagus racemosus*.

*Asparagus racemosus* (Спаржа кистевидная) – лекарственное растение, широко применяемое в восточной медицине. О ее медицинском использовании сообщается в индийской и британской фармакопеях, а также в традиционных системах медицины, таких как аюрведическая [1].

Ряд работ, проведенных зарубежными авторами, по изучению влияния биологически активных веществ, входящих в состав *A. racemosus*, на функциональные системы организма и компонентному составу *A. racemosus*, подтверждают высокие потенциальные возможности этого растения для создания новых фармацевтических средств.

Однако данные исследования довольно разрозненные и интегральных научных обзоров на русском языке по ним нет. Поэтому в данной работе была поставлена

**цель:** проанализировать исследования компонентного состава и биологической активности *A. racemosus*.

При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в PubMed и Elibrary (РИНЦ). Глубина поиска публикаций составила 15 лет, также в обзор был включен ряд более ранних работ, соответствующих теме исследования. Для отбора публикаций были выбраны статьи, отвечающие требованиям рандомизированных клинических исследований.

### **1. БОТАНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ТРАДИЦИОННОЙ МЕДИЦИНЕ *A. RACEMOSUS***

Род Спаржа включает в себя около 300 видов по всему миру и считается важным с медицинской точки зрения из-за присутствия стероидных сапонинов и сапогенинов в различных частях растения. Из 22 видов спаржи, зарегистрированных в Индии, спаржа кистевидная наиболее часто используется в традиционной медицине [1].

*A. racemosus* принадлежит к семейству Лилейные и обычно выращивается в тропических и субтропических частях Индии, включая Гималаи. Также встречается в некоторых частях Шри-Ланки, Индонезии, Австралии и тропической Африки [2]. Представляет собой лиану высотой 1–2 м, цветущий полукустарник с множеством мясистых клубневидных корней [3].

У *A. racemosus* маленькие белые цветы и узкие зеленые листья, похожие на сосновые иглы, филлоклады и круглые плоды – красные или синевато-черные ягоды, которые появляются в начале декабря. Ягоды содержат большое количество алкалоидов, являются ядовитыми, и поэтому не пригодны для употребления в пищу. *A. racemosus* имеет очень развитую корневую систему, вглубь уходящую до одного метра от растения.

На протяжении веков растение использовали в различных медицинских целях, главным образом для восстановительного воздействия на женские репродуктивные органы [4]. Лекарственные свойства *A. racemosus* описаны в индийских и британских фармакопеях и традиционной медицине [5]. В аюрведической медицине данное растение описывают как предотвращающее старение, которое увеличивает продолжительность жизни, обеспечивает защиту от внешних патогенных факторов и улучшает умственные функции [2].

Данное растение может оказывать положительное влияние на работу практически всех органов и систем органов у человека [6]. *A. racemosus* также используется для повышения жизненных сил и фертильности [7].

В аюрведической медицине корни считаются желудочным, тонизирующим средством, афродизиаком и вяжущим средством для кишечника. Их используют для лечения дизентерии, опухоли, воспаления, желчнокаменной болезни, болезней крови и глаз, ревматизма и болезней нервной системы. В персидско-арабской медицине Юнани корни используют для лечения заболеваний почек и печени. Наряду с другими терапевтическими применениями, аюрведическая фармакопея Индии указывает на использование клубневого корня при подагре, послеродовых заболеваниях, нарушениях молочнокислого обмена и гематурии. Его используют



как общеукрепляющее средство, так и средство для женской репродуктивной системы [4].

В зарубежных странах *A. racemosus* применяют в лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта, в частности язвы желудка, что выражается в ускорении восстановления поврежденной слизистой оболочки органа и увеличении образования защитной слизи [8], растение препятствует камнеобразованию в почках, обладает выраженным противоопухолевым потенциалом и антидепрессивными свойствами [9], и даже может быть использовано для профилактики осложнений сахарного диабета [10].

## **2. КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ *A. RACEMOSUS***

Проведенный анализ *A. racemosus* показал, что во всех частях растения содержится большое количество биологически активных веществ, более 50 органических соединений [11].

*A. racemosus* содержит множество вторичных метаболитов, включая производные дигидрофенантрена, фурановые соединения, стероиды, флавоноиды (кемпферол, кверцетин и рутин) и эфирные масла. Однако главными компонентами *A. racemosus* являются стероидные сапонины, известные как шатаварины, которые обуславливают биологическую активность растения [12].

Также растение содержит в своем составе иммунозид [13]; полициклический алкалоид – аспаргамин А [14]; изофлавоны, рацемозол, [15,16]; полисахариды, слизи [17], гамма-линоленовые кислоты, витамины А, В1, В2, С, Е [18, 19]. Цветки и плоды содержат кверцетин, рутин и гиперозид [20]. В корнях и листьях обнаружены микроэлементы – цинк, марганец, медь, кобальт, железо, а также кальций, магний, калий, натрий, цинк и литий [21] (табл.1).

**Таблица 1**

**Микро- и микроэлементный состав *A. Racemosus* [22]**

№ п/п	Микроэлемент	Корень (мг/кг)	Листья (мг/кг)
1	Цинк	4,0±0,2 до 148,0±1,2	53,0±0,2 до 165,0±3,2
2	Медь	14,0±0,1 до 23,0±0,3	15,0±0,6 до 34,0±0,5
3	Марганец	5,0±1,4 до 62,0±2,5	14,0±0,4 до 84,0±0,7
4	Железо	211,0±0,5 до 1493,0±0,2	505,0±0,2 до 2040,0±0,3
5	Кобальт	84,0±0,3 до 122,0±1,5	85,0±0,3 до 88,0±0,2
6	Натрий	199,0±0,5 до 490,0±20	127,0±0,6 до 745,0±0,3
7	Калий	2652,0±0,4 до 13260,0±3,5	5460,0±0,2 до 10842,0±2,5
8	Кальций	961,0±0,6 до 2115,0±3,2	1346,0±0,3 до 6153,0±1,6
9	Литий	18,0±0,2 до 58,0±3,8	28,0±0,6 до 48,0±1,6

### 3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *A. RACEMOSUS*

#### 3.1. Фитоэстрогенная активность

*A. racemosus* уже давно используют в качестве лекарственного растения для женского здоровья [23], но эмпирические данные о его эффективности остаются ограниченными. Известно, что растение содержит в своем составе фитоэстрогенные соединения, которые способны связываться с рецепторами эстрадиола, способствуя ускорению его перехода в эстрол, влияют на синтез прогестерона.

Наиболее важными для здоровья человека фитоэстрогенами являются те, которые отличаются от структур, встречающихся в природе у млекопитающих; содержатся в растениях, потребляемых человеком; биодоступны и способны связываться с E2R человека [24]. Таким образом, изофлавоны генистеин и даидзеин, куместан куместрол, лигнаны энтеролактон и энтеродиол, флавонолы кверцетин, кемпферол, рутин и ресвератрол представляют собой наиболее распространенные формы фитоэстрогенов у человека [24, 25]. Исследования *in silico* показали, что фитоэстрогены, полученные из *A. racemosus*, включая рутин, кемпферол, генистеин, даидзеин и кверцетин, связываются с E2R с большей аффинностью, чем селективный контрольный модулятор рецепторов эстрогена базедоксифен [26].

Введение *A. racemosus* у крыс вызывает проэстрогенные изменения в молочных железах и половых органах [27]. *A. racemosus* также проявляет галактогенную активность. В плацебо-контролируемом исследовании, в ходе которого кормящим матерям в течение 30 дней вводили порошок корня растения в дозе 60 мг/кг/сут, системные концентрации пролактина повышались в 3 раза. Также прием *A. racemosus* способствовал увеличению веса младенцев [28]. Однако механизм, с помощью которого *A. racemosus* увеличивает концентрацию пролактина в сыворотке, неизвестен.

Потенциал эстрогеноподобных эффектов *A. racemosus* имеет значение как для здоровья мышц, так и для костей после менопаузы, поскольку известно, что у женщин дефицит эстрогенов в постменопаузе может способствовать возрастному снижению мышечной силы и функции (саркопения) [29].

Корень *A. racemosus* обладает выраженным лактогонным эффектом [30]. Экстракт порошка корня данного растения считается очень эффективным для усиления секреции молока во время лактации [31].

#### 3.2 Антиоксидантная активность

*A. racemosus* продемонстрировал значительный антиоксидантный потенциал во время клинических испытаний на экспериментальных животных. Было проведено исследование, направленное на изучение потенциала метанольного экстракта корней *A. racemosus* против вызванного каиновой кислотой повреждения гиппокампа и полосатых нейронов у мышей. В головном мозге животных были вызваны поражения внутригиппокампальными и внутривентрикулярными инъекциями каината мышам, находящимся под наркозом. После инъекции было обнаружено снижение активности глутатионпероксидазы и пониженное содержание глутатиона. В результате был сделан вывод, что растительный экстракт *A. racemosus* играет роль

антиоксиданта, ослабляя окислительные повреждения, вызванные свободными радикалами [32].

*Kamat J. P. и Devasagayam T.* изучали влияние *A. racemosus* на повреждение митохондриальной мембраны клеток печени крыс, вызванное образующимися свободными радикалами. Перекисное окисление липидов оценивали по образованию веществ, реагирующих с тиобарбитуровой кислотой, и гидроперекисей липидов. Было показано, что экстракт *A. racemosus* обладает антиоксидантным действием, обеспечивая защиту от перекисного окисления липидов, окисления белков и снижения уровня протеинтиолов и антиоксидантного фермента супероксиддисмутазы. Было обнаружено, что очищенная водная фракция, состоящая из полисахаридов, является мощным антиоксидантом по сравнению с сырым экстрактом. Очищенная фракция была более эффективна в борьбе с перекисным окислением липидов, тогда как антиоксидантный эффект сырого экстракта был более эффективным в ингибировании окисления белка [33].

Аналогичное исследование показало, что усиление антиоксидантной защиты связано со значительным увеличением ферментов супероксиддисмутазы, каталазы и аскорбиновой кислоты и значительным снижением перекисного окисления липидов при использовании экстракта корня *A. racemosus* [34].

### 3.3. Иммуномодулирующее действие

*A. racemosus* продемонстрировал значительное воздействие на иммунную систему. Исследования проводились на самцах мышей-альбиносов в возрасте 28 дней. Животным вводили *per os* охратоксин в дозе 1,5 мг/кг и спиртовой экстракт растения (100 мг/кг). Контрольная группа получала только дистиллированную воду. Было установлено повышение уровня фактора некроза опухоли и П-1 макрофагами у мышей, получавших экстракт по сравнению с контрольной группой [35]. Иммуномодулирующие эффекты также проявлялись у мышей с опухолью, принимавших циклофосфамид, который вызывал снижение общего количества лейкоцитов, количества тромбоцитов и титров антител к НА/НЛ у мышей, тогда как *A. racemosus* повышал титр антител и количество лейкоцитов [36].

Водный экстракт корней *A. racemosus* продемонстрировал иммуномодулирующий эффект у мышей. Было обнаружено, что пероральная доза экстракта в 100 мг/кг на массу тела мышей вызывала модуляцию иммунитета Th1/Th2 [37].

### 3.4. Противоопухолевая активность

Водный экстракт корней *A. racemosus* может быть эффективным для предотвращения гепатоканцерогенеза. *Datta G. K.* с соавторами показали, что иммуногистохимическое окрашивание печеночных тканей крыс выявило наличие скоплений клеток, экспрессирующих мутированный белок p53, тогда как водный экстракт корней спаржи кистевидной предотвращал возникновение гепатоканцерогенеза [38].

Известно, что экстракт корня оказывает защитное действие при раке молочной железы. Стероидные компоненты *A. racemosus* были исследованы на предмет

апоптотической активности и, как было установлено, обладают способностью вызывать гибель опухолевых клеток [39].

Противоопухолевая активность шатаваринов, которые были выделены из корней *A. racemosus*, была оценена методом МТТ-анализа с использованием клеточных линий МСF-7 (рак молочной железы человека), НТ-29 (аденокарцинома толстой кишки человека) и А-498 (карцинома почки человека) и экспериментальной модели асцитоскарциномы Эрлиха *in vivo*. Результаты экспериментов показали, что экстракт (содержащий шатаварин IV) обладает мощной противоопухолевой активностью [40].

### 3.5. Противомикробное действие

Неочищенный метанольный экстракт корней *A. racemosus* показал *in vitro* антибактериальную активность против *Escherichia coli*, *Shigella dysenteriae*, *Shigella sonnei*, *Shigella flexneri*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis* и золотистого стафилококка в концентрации 150 мкг/мл [41]. Экстракты, полученные из корней, также проявляли противогрибковую активность в отношении *Malassezia furfur* и *M. globosa* [42].

В другом исследовании было показано, что *A. racemosus* может оказывать влияние на грамположительные (*B. subtilis*, *S. Aureus*) и грамотрицательные бактерии (*E. coli*, *Pseudomonas*), а также дрожжи *Candida* и может быть эффективен при лечении бактериальных заболеваний [43].

### 3.6. Противодиабетическое действие

Для профилактики и коррекции сахарного диабета с давних времен применялись многочисленные лекарственные растения, которые действуют комплексно и не вызывают осложнений по сравнению с синтетическими средствами. Их противодиабетический потенциал обусловлен присутствием определенных неорганических минералов (например, Ca, Zn, K, Cr), которые участвуют в высвобождении инсулина из  $\beta$ -клеток островков Лангерганса и помогают поддерживать нормальную толерантность к глюкозе [44]. Исследования демонстрируют присутствие многочисленных минералов в экстракте *A. racemosus*, из которых кальций является наиболее важным для секреции инсулина [45].

### 3.7. Другие эффекты

Водный экстракт *A. racemosus* проявлял мочегонную активность без какой-либо острой токсичности [46].

Dhingra D. и Kumar V. В своей работе показали, что *A. racemosus* проявляет антидепрессивную активность, которую оценивали у мышей с помощью теста на подвешивание хвоста и теста на принудительное плавание. Метаноловый экстракт значительно уменьшал периоды иммобилизации при обоих тестах, что указывало на значительную антидепрессивную активность. Эффективность экстрактов была сопоставима с флуоксетином и имипрамином, которые использовали в качестве препаратов сравнения в исследовании [47].

*A. racemosus* может оказывать противосудорожный эффект. Противосудорожную активность оценивали с использованием различных экстрактов при судорогах, вызванных на моделях крыс максимальным электрошоком и пентилентетразолом. В проведенном тесте метаноловый экстракт продемонстрировал значительный противосудорожный эффект, который был выявлен на основании наблюдения за уменьшением продолжительности разгибания задних конечностей, а также продолжительности приступообразной фазы [48].

Также *A. racemosus* оказывает гепатопротекторный [49], антидиарейный [50], противокашлевый [51], кардиопротекторный [52], антидепрессивный [53], ноотропный [54], противовоспалительный [55, 56], противовоспалительный [57], гиполипидемический [23], ранозаживляющий [58] эффекты.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*A. racemosus* используется в качестве лекарственного растения, но практические данные о его эффективности остаются ограниченными. Стероидные сапонины считаются основными биологически активными компонентами корня растения. Эти сапонины известны как шатаварины I–IV и представляют собой гликозиды сарсапогенина. Корень *A. racemosus* также содержит другие известные химические компоненты, в том числе рацемозиды, рацемозол, рацеомофуран и аспарагамин А.

Полученные данные дают основу для обоснования проведения дальнейших исследований, а также указывают на важность и актуальность изучения биологически активных веществ *A. racemosus* при различных заболеваниях.

### Список литературы

1. Bopana N. Asparagus racemosus-ethnopharmacological evaluation and conservation needs / N. Bopana, S. Saxena // J Ethnopharmacol. – 2007. – Vol. 110, No 1. – P. 1–15.
2. Alok S. Plant profile, phytochemistry and pharmacology of Asparagus racemosus (Shatavari): a review / S. Alok, S.K. Jain, A. Verma, M. Kumar, A. Mahor, M. Sabharwal // Asian. Pac. J. Trop. Dis. – 2013. – No 3. – P. 242–251.
3. Sairam K. Gastroduodenal ulcer protective activity of Asparagus racemosus: an experimental, biochemical and histological study / K. Sairam, S. Priyambada, N.C. Aryya, R.K. Goel // J. Ethnopharmacol. – 2003. – No 86. – P. 1–10.
4. Chauhan S. Medicinal plant wealth of India, a comprehensive review of selected species / S. Chauhan, R. Singh, Y. Gokhale, G. lhouvum, A.R Basu. – The Energy and Resources Institute (TERI), 2011.
5. Mandal S.C. Antitussive effect of Asparagus racemosus root against sulfur dioxide-induced cough in mice / S.C. Mandal, C.K.A. Kumar, L.S. Mohana [et al.] // Fitoterapia. – 2000. – No 71. – P. 686–689.
6. Sharma M. Ethnopharmacological importance of Asparagus racemosus: a review / M. Sharma, A. Sharma, A. Kumar // J. Pharm. Biomed. Sci. – 2011. – P. 41–52.
7. Ramachandran V. Hypoglycemic, antioxidant and hypolipidemic activity of Asparagus racemosus on streptozotocin-induced diabetic in rats / V. Ramachandran, D. Mandal, U. Payyavala [et al.] // Adv. Appl. Sci. Res. – 2011. – No 2. – P. 179–185.
8. Dalvi S. S. Effect of Asparagus racemosus (Shatavari) on gastric emptying time in normal healthy volunteers / S. S. Dalvi, P. M. Nadkarni, K. C. Gupta // J. Postgrad. Med. – 1990. – Vol. 36, No 2. – P. 91–94.
9. Singh G. K. Antidepressant activity of Asparagus racemosus in rodent models / G. K. Singh, D. Garabadu, A. V. Muruganandam, V. K. Joshi, S. Krishnamurthy // Pharmacol. Biochem. Behav. – 2009. – Vol. 91, No 3. – P. 283–290.

10. Hannan J. M. Antihyperglycaemic activity of *Asparagus racemosus* roots is partly mediated by inhibition of carbohydrate digestion and absorption, and enhancement of cellular insulin action / J.M. Hannan, L. Ali, J. Khaleque, M. Akhter, P.R. Flatt, Y.H. Abdel-Wahab // *Br. J. Nutr.* – 2012. – Vol. 107, No 9. – P. 1316–1323.
11. Mandal S.C. Antitussive effect of *Asparagus racemosus* root against sulfur dioxide-induced cough in mice / S. C. Mandal, C. K. A. Kumar, L. S. Mohana [et al.] // *Fitoterapia.* – 2000. – No 71. – P. 686–689.
12. Hussain A. A Review on Pharmacological and Phytochemical Profile of *Asparagus racemosus* Wild / A. Hussain, M.P. Ahmad, S. Wahab, H.M. Sarfaraj, M. Ali // *Pharmacologyonline.* – 2011. – No 3. – P. 1353–1364.
13. Kundu M. Standardization profiles of roots of *Asparagus racemosus* wild / M. Kundu, R. Mazumder, M. Kushwaha, G. K. M. Chakraborty // *Pharmacologyonline.* – 2011. – No. 3. – P. 587–592.
14. Hayes P. Y. Asparinins, asparosides, curillins, curillosides and shavatarins: structural clarification with the isolation of shatavarin V, a new steroidal saponin from the root of *Asparagus racemosus* / P. Y. Hayes, A. H. Jahidin, R. Lehmann, K. Penman, W. Kitching, J. J. De Voss // *Tetrahedron. Lett.* – 2006. – No 47. – P. 8683–8687.
15. Penumajji S. Extraction and optimization of molecular marker compounds from *Asparagus racemosus* using HPLC with ELS detector / S. Penumajji, V. Bobbarala, K. C. Naidu // *J. Pharma. Res.* – 2010. – No 3. – P. 159–162.
16. Thakur M. Characterization and in vitro immunomodulatory screening of fructo-oligosaccharides of *Asparagus racemosus* Wild / M. Thakur, P. Connellan, M.A. Deseo, C. Morris, W. Praznik, R. Loeppert, V. Dixit // *Int. J. Biol. Macromol.* – 2011. – No. 50. – P. 77–81 (2011).
17. Mandal D. Steroidal saponins from the fruits of *Asparagus racemosus* / D. Mandal, S. Banerjee, N. B. Mondal, A. K. Chakravarty, N. P. Sahu // *Phytochemistry.* – 2006. – No 67. – P. 1316–1321.
18. Bose S. Comparative study of Antioxidant Activity of Herbal Drugs and their Formulations using *Asparagus racemosus* and *Centella asiatica* / S. Bose, S. Show, M. Hazra, T. Sarkar // *Am. J. Pharm. Tech. Res.* – 2012. – No 2. – P. 391–398.
19. Sabde S. Anti-HIV activity of Indian medicinal plants / S. Sabde, H.S. Bodiwala, A. Karmase, P. J. Deshpande, A. Kaur, N. Ahmed, S.K. Chautha, K.G. Brahmhatt, R. U. Phadke, D. Mitra, K. K. Bhutani, I. P. Singh // *J. Nat. Med.* – 2011. – No 65. – P. 662–669.
20. Kumeta Y. Chemical analysis reveals the botanical origin of shatavari products and confirms the absence of alkaloid asparagine A in *Asparagus racemosus* / Y. Kumeta, T. Maruyama, D. Wakana, H. Kamakura, Y. Goda // *J. Nat. Med.* – 2012. – No 67. – P. 1–6.
21. Sharma P. A unique immuno-stimulant steroidal saponin acid from the roots of *Asparagus racemosus* / P. Sharma, P. S. Chauhan, P. Dutt, M. Amina, K. A. Suri, B. D. Gupta, O. P. Suri, K. L. Dhar, D. Sharma, V. Gupta // *Steroids.* – 2011. – No 76. – P. 358–364.
22. Singla R. Shatavari (*Asparagus racemosus* Wild): A review on its cultivation, morphology, phytochemistry and pharmacological importance / R. Singla, V. Jaitak // *Int. J. Pharm. Sci. Res.* – 2014. – Vol. 5, No 3. – P. 742–757.
23. Singh R. *Asparagus racemosus*: A Review on Its Phytochemical and Therapeutic Potential / R. Singh // *Nat. Prod. Res.* – 2016. – No 30. – P. 1896–1908.
24. Dixon R. A. Phytoestrogens / R. A. Dixon // *Annu. Rev. Plant. Biol.* – 2004. – No 55. – P. 225–261.
25. Bacciottini L. Phytoestrogens: Food or Drug? / L. Bacciottini, A. Falchetti, B. Pampaloni, E. Bartolini, A. M. Carossino, M. L. Brandi // *Clin. Cases. Miner. Bone. Metab.* – 2007. – No 4. – P. 123–130.
26. Sharma R. *Asparagus racemosus* (Shatavari) Targeting Estrogen Receptor  $\alpha$ : – An in-Vitro and in-Silico Mechanistic Study / R. Sharma, V. Jaitak // *Nat. Prod. Res.* – 2020. – No 34. – P. 1571–1574.
27. Pandey S.K. Effect of *Asparagus racemosus* Rhizome (Shatavari) on Mammary Gland and Genital Organs of Pregnant Rat / S.K. Pandey, A. Sahay, R.S. Pandey, Y.B. Tripathi // *Phytother. Res. PTR.* – 2005. – No 19. – P. 721–724.
28. Gupta M. A Double-Blind Randomized Clinical Trial for Evaluation of Galactagogue Activity of *Asparagus racemosus* Wild / M. Gupta, B. Shaw // *Iran. J. Pharm. Res. IJPR.* – 2011. – No 10. – P. 167–172.
29. O'Leary M. F. Shatavari Supplementation in Postmenopausal Women Improves Handgrip Strength and Increases Vastus lateralis Myosin Regulatory Light Chain Phosphorylation but Does Not Alter Markers of

- Bone Turnover / M. F. O'Leary, S. R. Jackman, V. R. Sabou, M. I. Campbell, J. C. Y. Tang, J. Dutton, J. L. Bowtell // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13, No 12. – P. 4282.
30. Jakobi J. M. Voluntary Muscle Activation Varies with Age and Muscle Group / J. M. Jakobi, C. L. Rice // *J. Appl. Physiol.* – 2002. – No 93. – P. 457–462.
  31. Santosh K. Effect of Shatavari (*Asparagus racemosus*) on milk production and Immunomodulation in Karan Fries crossbred cows / K. Santosh, K. Mehla // *Ind. J Trad Knowl.* – 2014. – Vol 13, No 2. – P. 404–408.
  32. Singh S. K. Evaluation of the efficacy and safety of Menosan in post-menopausal symptoms. A short-term pilot study, S. / S. K. Singh, K. Kulkarni // *Obs. Gyn. Today.* – 2002. – No 12. – P. 727.
  33. Kamat J.P. Methylene blue plus light-induced lipid peroxidation in rat liver microsomes:inhibition by nicotinamide (vitamin B3) and other antioxidants / J. P. Kamat, T. Devasagayam // *Chem. Biol. Interact.* – 1996. – No 99. – P. 1–16.
  34. Bhatnagar M. Antiulcer and antioxidant activity of *Asparagus racemosus* Wild and *Withania somnifera* Dunal in rats / M. Bhatnagar, S. S. Sisodia, R. Bhatnagar // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* – 2005. – No 1056. – P. 261–278.
  35. Dhuley J. Effect of some Indian herbs on macrophage functions in ochratoxin A treated mice / J. Dhuley // *Journal of ethnopharmacology.* – 1997. – Vol. 58, No 1. – P. 15–20.
  36. Diwanay S. Immunoprotection by botanical drugs in cancer chemotherapy / S. Diwanay, D. Chitre, B. Patwardhan // *Journal of ethnopharmacology.* – 2004. – Vol. 90, No 1. – P. 49–55.
  37. Gautam M. Im-munomodulatory activity of *Asparagus racemosus* on systemic Th1/Th2 immunity: Implications for immunoadjuvant potential / M. Gautam, S. Saha, S. Bani, A. Kaul, S. Mishra, D. Patil, N. Satti, K. Suri, S. Gairola, K. Suresh // *Journal of ethnopharmacology.* – 2009. – Vol. 121, No 2. – P. 241–247.
  38. Datta G. K. Antiulcerogenic activity of Satavari mandur an Ayurvedic herbo-mineral preparation / G. K. Datta, K. Sairam, S. Priyambada, P. K. Debnath, R. K. Goel // *Ind. J. Exp. B.* – 2002. – Vol. 40, No 10. – P. 1173–1177.
  39. Bhutani K. K. Apoptosis inducing activity of steroidal constituents from *Solanum xanthocarpum* and *Asparagus racemosus* / K. K. Bhutani, A. T. Paul, W. Fayad, S. Linder // *Phytomedicine.* – 2010. – Vol. 17, No 10. – P. 789–793.
  40. Mitra S. K. Shatavarins (containing Shatavarin IV) with anticancer activity from the roots of *Asparagus racemosus* / S. K. Mitra, N. S. Prakash, R. Sundaram // *Indian J. Pharmacol.* – 2012. – No 44. – P. 732–736.
  41. Mandal S. C. Evaluation of antibacterial activity of *Asparagus racemosus* Wild / S. C. Mandal, A. Nandy, M. Pal, B. P. Saha // *Root. Phytother Res.* – 2000. – No 14. – P. 118–119.
  42. Onlom C. In vitro anti-Malassezia activity and potential use in anti-dandruff formulation of *Asparagus racemosus* / C. Onlom, S. Khanthawong, N. Waranuch, K. Ingkaninan // *Int. J. Cosmet. Sci.* – 2014. – No 36. – P. 74–78.
  43. Patel L. S. Antimicrobial activity of *A. racemosus* wild from leaf extracts – a medicinal plant / I. S. Patel, R. S. Patel // *Int. J. Sci. Res. Publ.* – 2013. – No. 3. – P. 1–3.
  44. Aizman R. I. The mechanisms of plant rhizome *Curcuma longa* action on carbohydrate metabolism in alloxan-induced diabetes mellitus rats / R. I. Aizman, G. A. Koroshchenko, A. P. Gaidarova, S. N. Lukanina, M. A. Subotyalov // *Am. J. Biomed. Sci. Res.* – 2015. – Vol. 3, No 1. – P. 1–5.
  45. Hannan J. Insulin secretory actions of extracts of *Asparagus racemosus* root in perfused pancreas, isolated islets and clonal pancreatic beta-cells / J. Hannan, L. Marenah, L. Ali, B. Rokeya, P. R. Flatt, Y. H. Abdel-Wahab // *J. Endocrinol.* – 2007. – Vol. 192, No 1. – P. 159–168.
  46. Kumar M. C. S. Acute toxicity and diuretic studies of the roots of *Asparagus racemosus* wild in rats / M. C. S. Kumar, A. Udupa, K. Sammodavardhana, U. Rathnakar, U. Shvetha, G. Kodancha // *West. Indian. Med. J.* – 2010. – No 59. – P. 3–5.
  47. Singh N. Adaptogenic property of *Asparagus racemosus*: Future trends and prospects / N. Singh, M. Garg, P. Prajapati, P. Singh, R. Chopra, A. Kumari, A. Mittal // *Heliyon.* – 2023. – Vol. 9, No 4. – P. 1–16.
  48. Alalpure S. Antiepileptic effect of *Asparagus racemosus* root extracts / S. Alalpure, V. Bagewadi, I. Shaikh // *J. Trop. Med. Plants.* – 2009. – No 10. – P. 157–161.
  49. Rahiman O. Hepatoprotective Activity of *Asparagus Racemosus* Root on Liver Damage Caused by Paracetamol in Rats / O. Rahiman, M. R. Kumar, T. T. Mani, K. M. Niyas, B. S. Kumar, P. Phaneendra, B. Surendra // *Indian J. Novel. Drug. Delivery.* – 2011. – No 3. – P. 112–117.

50. Venkatesan N. Anti-diarrheal potential of *Asparagus racemosus* wild root extracts in laboratory animals / N. Venkatesan, V. Thiyagarajan, S. Narayanan, A. Arul, S. Raja, S. Gurusamy // *J. Pharm. Pharm. Sci.* – 2005. – No 8. – P. 39–46.
51. Mandal S. C. Antitussive effect of *Asparagus racemosus* root against sulfur dioxide-induced cough in mice / S. C. Mandal, C. K. A. Kumar, L. S. Mohana, S. Sinha, T. Murugesan, B. Saha, M. Pal // *Fitoterapia.* – 2000. – No 71. – P. 686–689.
52. Visavadiya N. P. *Asparagus* root regulates cholesterol metabolism and improves antioxidant status in hypercholesteremic rats / N. P. Visavadiya, A. Narasimhacharya // *Evid. Based Complement. Alter. Medicine.* – 2009. – No 6. – P. 219–226.
53. Dhingra D. Pharmacological evaluation for antidepressant like activity of *Asparagus racemosus* wild in mice / D. Dhingra, V. Kumar // *Pharmacology online.* – 2007. – No 3. – P. 133–152.
54. Ojha R. *Asparagus racemosus* enhances memory and protects against amnesia in rodent models / R. Ojha, A. N. Sahu, A. Muruganandam, G.K. Singh, S. Krishnamurthy // *Brain and cognition.* – 2010. – Vol. 74, No 1. – P. 1–9.
55. Sen S. Plants and phytochemicals for peptic ulcer: An overview / S. Sen, R. Chakraborty, B. De, J. Mazumder // *Pharmacognosy reviews.* – 2009. – Vol. 3, No 6. – P. 270.
56. Sairam K. Gastroduodenal ulcer protective activity of *Asparagus racemosus*: an experimental, biochemical and histological study / K. Sairam, S. Priyambada, N. Aryya, R. Goel // *J. ethnopharm.* – 2003. – Vol. 86, No 1. – P. 1–10.
57. Kanwar A. S. Effects of *Chlorophytum arundinaceum*, *Asparagus adscendens* and *Asparagus racemosus* on pro-inflammatory cytokine and corticosterone levels produced by stress / A. S. Kanwar, K. K. Bhutani // *Phytother. Res.* – 2010. – Vol. 24, No 10. – P. 1562–1566.
58. Kumar S. Wound healing profile of *Asparagus racemosus* (Liliaceae) Wild / S. Kumar, R. Rajput, V. Patil, A. Udupa, S. Gupta, U. Rathnakar, S. Rao, D. Benegal, A. Benegal, H. Shu-bha // *Current Pharma Research.* – 2011. – Vol. 1, No 2. – P. 111–114.

## **BIOLOGICAL ACTIVITY AND COMPONENT COMPOSITION OF *ASPARAGUS RACEMOSUS***

*Zimbitskaya G. E.<sup>1</sup>, Kozlova A. P.<sup>1</sup>, Subotyalov M. A.<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup>*Novosibirsk National Research State University, Novosibirsk, Russia*

*E-mail: subotyalov@yandex.ru*

The review presents an analysis of publications devoted to the identification of the biological activity and component composition of the plant *Asparagus racemosus*.

This plant belongs to the Lily family and is usually grown in tropical and subtropical parts of India, including the Himalayas. It is also found in parts of Sri Lanka, Indonesia, Australia and tropical Africa. It is a liana 1–2 m high, a flowering semi-shrub with many fleshy tuberous roots.

For centuries, the plant has been used for various medical purposes, mainly for restorative effects on female reproductive organs. Medicinal properties of *A. racemosus* are described in Indian and British pharmacopoeias and traditional medicine. In Ayurvedic medicine, this plant is described as preventing aging, which increases life expectancy, provides protection from external pathogenic factors and improves mental functions. This plant can have a positive effect on the work of almost all organs and organ systems in humans. *A. racemosus* is also used to increase vitality and fertility.



In Ayurvedic medicine, roots are considered a gastric, tonic, aphrodisiac and astringent for the intestines. They are used to treat dysentery, tumors, inflammation, cholelithiasis, blood and eye diseases, rheumatism and diseases of the nervous system. In Persian-Arabic medicine, Yunani roots are used to treat kidney and liver diseases. Along with other therapeutic applications, the Ayurvedic Pharmacopoeia of India indicates the use of tuberous root for gout, postpartum diseases, lactic acid metabolism disorders and hematuria. It is used as a general tonic and a remedy for the female reproductive system.

A number of works carried out by foreign authors on the study of the effect of biologically active substances included in *A. racemosus* on the functional systems of the body and the component composition of *A. racemosus* confirm the high potential of this plant for the creation of new pharmaceutical products.

However, these studies are rather scattered and there are no integral scientific reviews in Russian on them. Therefore, in this work, the goal was set: to analyze studies of the chemical component composition and biologically active properties of *A. racemosus*.

The analysis of *A. racemosus* showed that all parts of the plant contain a large amount of biologically active substances, more than 50 organic compounds. *A. racemosus* contains many secondary metabolites, including dihydrophenanthrene derivatives, furan compounds, steroids, flavonoids (kaempferol, quercetin and rutin) and essential oils. However, the main components of *A. racemosus* are steroid saponins, known as shatavarins, which cause numerous biological activity of the plant.

The plant also contains an immunoside, a polycyclic alkaloid – aspargamin A, isoflavones, racemosol, polysaccharides, mucus, gamma-linolenic acids, vitamins A, B1, B2, C, E. Flowers and fruits contain quercetin, rutin and hyperoside. Trace elements – zinc, manganese, copper, cobalt, iron, as well as calcium, magnesium, potassium, sodium, zinc and lithium - were found in the roots and leaves.

The studies demonstrated antioxidant, antitumor, phytoestrogenic, immunomodulatory, antimicrobial, antidiabetic, diuretic, antiepileptic, hepatoprotective, antidiarrheal, antitussive, cardioprotective, antidepressant, nootropic, anti-ulcer, anti-inflammatory, hypocholesterolemic, wound healing effects. The review showed that *A. racemosus* has therapeutic potential and can be a promising type of raw material for the development of drugs effective in various diseases.

In preparing this publication, articles in publications included in PubMed were used. The depth of the search for publications was 15 years, and a number of earlier works corresponding to the research topic were also included in the review. Articles that meet the requirements of randomized clinical trials were selected for the selection of publications.

**Keywords:** *Asparagus racemosus*, biological activity, component composition, plant resources, pharmacognosy.

#### References

1. Bopana N., Saxena S. *Asparagus racemosus*-ethnopharmacological evaluation and conservation needs, *J Ethnopharmacol*, **110**(1), 1 (2007).
2. Alok S., Jain S. K., Verma A., Kumar M., Mahor A., Sabharwal M. Plant profile, phytochemistry and pharmacology of *Asparagus racemosus* (Shatavari): a review, *Asian. Pac. J. Trop. Dis.*, **3**, 242 (2013).

3. Sairam K., Priyambada S., Aryya N. C., Goel R. K. Gastroduodenal ulcer protective activity of *Asparagus racemosus*: an experimental, biochemical and histological study, *J. Ethnopharmacol.*, **86**, 1 (2003).
4. Chauhan S., Singh R., Gokhale Y., Ihouvum G., Basu A. R. *Medicinal plant wealth of India, a comprehensive review of selected species* (The Energy and Resources Institute (TERI), 2011).
5. Mandal S. C., Kumar C. K. A., Mohana L. S., et al. Antitussive effect of *Asparagus racemosus* root against sulfur dioxide-induced cough in mice, *Fitoterapia*, **71**, 686 (2000).
6. Sharma M., Sharma A., Kumar A. Ethnopharmacological importance of *Asparagus racemosus*: a review, *J. Pharm. Biomed. Sci.*, 41 (2011).
7. Ramachandran V., Mandal D., Payyavala U., et al. Hypoglycemic, antioxidant and hypolipidemic activity of *Asparagus racemosus* on streptozotocin-induced diabetic in rats, *Adv. Appl. Sci. Res.*, **2**, 179 (2011).
8. Dalvi S. S., Nadkarni P. M., Gupta K. C. Effect of *Asparagus racemosus* (Shatavari) on gastric emptying time in normal healthy volunteers, *J. Postgrad. Med.*, **36(2)**, 91 (1990).
9. Singh G. K., Garabadu D., Muruganandam A. V., Joshi V. K., Krishnamurthy S. Antidepressant activity of *Asparagus racemosus* in rodent models, *Pharmacol. Biochem. Behav.*, **91(3)**, 283 (2009).
10. Hannan J. M., Ali L., Khaleque J., Akhter M., Flatt P. R., Abdel-Wahab Y.H. Antihyperglycaemic activity of *Asparagus racemosus* roots is partly mediated by inhibition of carbohydrate digestion and absorption, and enhancement of cellular insulin action, *Br. J. Nutr.*, **107(9)**, 1316 (2012).
11. Mandal S. C., Kumar C. K. A., Mohana L.S., et al. Antitussive effect of *Asparagus racemosus* root against sulfur dioxide-induced cough in mice, *Fitoterapia*, **71**, 686 (2000).
12. Hussain A., Ahmad M. P., Wahab S., Sarfaraj H. M., Ali M. A Review on Pharmacological and Phytochemical Profile of *Asparagus racemosus* Wild, *Pharmacologyonline*, **3**, 1353 (2011).
13. Kundu M., Mazumder R., Kushwaha M., Chakraborty G. K. M. Standardization profiles of roots of *Asparagus racemosus* wild, *Pharmacologyonline*, **3**, 587 (2011).
14. Hayes P. Y., Jahidin A. H., Lehmann R., Penman K., Kitching W., De Voss J. J. Asparinins, asparosides, curillins, curillosides and shavatarins: structural clarification with the isolation of shatavarin V, a new steroidal saponin from the root of *Asparagus racemosus*, *Tetrahedron. Lett.*, **47**, 8683 (2006).
15. Penumajji S., Bobbarala V., Naidu K. C. Extraction and optimization of molecular marker compounds from *Asparagus racemosus* using HPLC with ELS detector, *J. Pharma. Res.*, **3**, 159 (2010).
16. Thakur M., Connellan P., Deseo M. A., Morris C., Praznik W., Loeppert R., Dixit V. Characterization and in vitro immunomodulatory screening of fructo-oligosaccharides of *Asparagus racemosus* Wild, *Int. J. Biol. Macromol.*, **50**, 77 (2011).
17. Mandal D., Banerjee S., Mondal N. B., Chakravarty A. K., Sahu N. P. Steroidal saponins from the fruits of *Asparagus racemosus*, *Phytochemistry*, **67**, 1316 (2006).
18. Bose S., Show S., Hazra M., Sarkar T. Comparative study of Antioxidant Activity of Herbal Drugs and their Formulations using *Asparagus racemosus* and *Centella asiatica*, *Am. J. Pharm. Tech. Res.*, **2**, 391 (2012).
19. Sabde S., Bodiwala H.S., Karmase A., Deshpande P.J., Kaur A., Ahmed N., Chauthe S. K., Brahmabhatt K.G., Phadke R.U., Mitra D., Bhutani K.K. Singh I.P. Anti-HIV activity of Indian medicinal plants, *J. Nat. Med.*, **65**, 662 (2011).
20. Kumeta Y., Maruyama T., Wakana D., Kamakura H., Goda Y. Chemical analysis reveals the botanical origin of shatavari products and confirms the absence of alkaloid asparagamine A in *Asparagus racemosus*, *J. Nat. Med.*, **67**, 1 (2012).
21. Sharma P., Chauhan P.S., Dutt P., Amina M., Suri K.A., Gupta B.D., Suri O.P., Dhar K.L., Sharma D., Gupta V. A unique immuno-stimulant steroidal saponin acid from the roots of *Asparagus racemosus*, *Steroids*, **76**, 358 (2011).
22. Singla R., Jaitak V. Shatavari (*Asparagus racemosus* Wild): A review on its cultivation, morphology, phytochemistry and pharmacological importance, *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, **5(3)**, 742 (2014).
23. Singh R. *Asparagus racemosus*: A Review on Its Phytochemical and Therapeutic Potential, *Nat. Prod. Res.*, **30**, 1896 (2016).
24. Dixon R. A. Phytoestrogens, *Annu. Rev. Plant Biol.*, **55**, 225 (2004).
25. Bacciottini L., Falchetti A., Pampaloni B., Bartolini E., Carossino A. M., Brandi M. L. Phytoestrogens: Food or Drug? *Clin. Cases. Miner. Bone. Metab.*, **4**, 123 (2007).
26. Sharma R., Jaitak V. *Asparagus racemosus* (Shatavari) Targeting Estrogen Receptor  $\alpha$ : – An in-Vitro and in-Silico Mechanistic Study, *Nat. Prod. Res.*, **34**, 1571 (2020).

27. Pandey S. K., Sahay A., Pandey R. S., Tripathi Y. B. Effect of *Asparagus racemosus* Rhizome (Shatavari) on Mammary Gland and Genital Organs of Pregnant Rat, *Phytother. Res. PTR.*, **19**, 721 (2005).
28. Gupta M., Shaw B. A Double-Blind Randomized Clinical Trial for Evaluation of Galactogogue Activity of *Asparagus racemosus* Wild, *Iran. J. Pharm. Res. IJPR.* **10**, 167 (2011).
29. O'Leary M. F., Jackman S. R., Sabou V. R., Campbell M. I., Tang J. C. Y., Dutton J., Bowtell J. L. Shatavari Supplementation in Postmenopausal Women Improves Handgrip Strength and Increases Vastus lateralis Myosin Regulatory Light Chain Phosphorylation but Does Not Alter Markers of Bone Turnover, *Nutrients*, **13(12)**, 4282 (2021).
30. Jakobi J. M., Rice C. L. Voluntary Muscle Activation Varies with Age and Muscle Group, *J. Appl. Physiol.*, **93**, 457 (2002).
31. Santosh K., Mehla K. Effect of Shatavari (*Asparagus racemosus*) on milk production and Immunomodulation in Karan Fries crossbred cows, *Ind. J Trad Knowl.*, **13(2)**, 404 (2014).
32. Singh S. K., Kulkarni K. Evaluation of the efficacy and safety of Menosan in post-menopausal symptoms. A short-term pilot study, *S. Obs. Gyn. Today*, **12**, 727 (2002)
33. Kamat J. P., Devasagayam T. Methylene blue plus light-induced lipid peroxidation in rat liver microsomes:inhibition by nicotinamide (vitamin B3) and otherantioxidants, *Chem. Biol. Interact.*, **99**, 1 (1996).
34. Bhatnagar M., Sisodia S. S., Bhatnagar R. Antiulcer andantioxidant activity of *Asparagus racemosus* Wild and *Withania somnifera* Dunal in rats, *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1056**, 261 (2005).
35. Dhuley J. Effect of some Indian herbs on macrophage functions in ochratoxin A treated mice, *Journal of ethnopharmacology*, **58(1)**, 15 (1997).
36. Diwanay S., Chitre D., Patwardhan B. Immunoprotection by botanical drugs in cancer chemotherapy, *Journal of ethnopharmacology*, **90(1)**, 49 (2004).
37. Gautam M., Saha S., Bani S., Kaul A., Mishra S., Patil D., Satti N., Suri K., Gairola S., Suresh K. Immunomodulatory activity of *Asparagus racemosus* on systemic Th1/Th2 immunity: Implications for immunoadjuvant potential, *Journal of ethnopharmacology*, **121(2)**, 241 (2009).
38. Datta G. K., Sairam K., Priyambada S., Debnath P. K., Goel R. K. Antiulcerogenic activity of Satavari mandur an Ayurvedic herbo-mineral preparation, *Ind. J. Exp. B.*, **40(10)**, 1173 (2002).
39. Bhutani K. K., Paul A. T., Fayad W., Linder S. Apoptosis inducing activity of steroidal constituents from *Solanum xanthocarpum* and *Asparagus racemosus*, *Phytomedicine*, **17(10)**, 789 (2010).
40. Mitra S.K., Prakash N.S., Sundaram R. Shatavarins (containing Shatavarin IV) with anticancer activity from the roots of *Asparagus racemosus*, *Indian J. Pharmacol.*, **44**, 732 (2012).
41. Mandal S. C., Nandy A., Pal M., Saha B. P. Evaluation of antibacterial activity of *Asparagus racemosus* Wild, *Root. Phytother Res.*, **14**, 118 (2000).
42. Onlom C., Khanthawong S., Waranuch N., Ingkaninan K. In vitro anti-Malassezia activity and potential use in anti-dandruff formulation of *Asparagus racemosus*, *Int. J. Cosmet. Sci.* **36**, 74 (2014).
43. Patel L. S., Patel R. S. Antimicrobial activity of A. racemosus wild from leaf extracts – a medicinal plant, *Int. J. Sci. Res. Publ.*, **3**, 1 (2013).
44. Aizman R. I., Koroshchenko G. A., Gaidarova A. P., Lukanina S. N., Subotyalov M. A. The mechanisms of plant rhizome *Curcuma longa* action on carbohydrate metabolism in alloxan-induced diabetes mellitus rats, *Am. J. Biomed. Sci. Res.*, **3(1)**, 1 (2015).
45. Hannan J., Marenah L., Ali L., Rokeya B., Flatt P. R., Abdel-Wahab Y. H. Insulin secretory actions of extracts of *Asparagus racemosus* root in perfused pancreas, isolated islets and clonal pancreatic beta-cells, *J. Endocrinol.*, **192(1)**, 159 (2007).
46. Kumar M. C. S., Udupa A., Sammodavardhana K., Rathnakar U., Shvetha U., Kodancha G. Acute toxicity and diuretic studies of the roots of *Asparagus racemosus* wild in rats, *West. Indian. Med. J.* **59**, 3 (2010).
47. Singh N., Garg M., Prajapati P., Singh P., Chopra R., Kumari A., Mittal A. Adaptogenic property of *Asparagus racemosus*: Future trends and prospects, *Heliyon*, **9 (4)**, 1 (2023).
48. Alalpure S., Bagewadi V., Shaikh I. Antiepileptic effect of *Asparagus racemosus* root extracts, *J. Trop. Med. Plants*, **10**, 157 (2009).
49. Rahiman O., Kumar M. R., Mani T. T., Niyas K. M., Kumar B. S., Phaneendra P., Surendra B. Hepatoprotective Activity of *Asparagus Racemosus* Root on Liver Damage Caused by Paracetamol in Rats, *Indian J. Novel. Drug. Delivery*, **3**, 112 (2011).

50. Venkatesan N., Thiyagarajan V., Narayanan S., Arul A., Raja S., Gurusamy S. Anti-diarrheal potential of *Asparagus racemosus* wild root extracts in laboratory animals, *J. Pharm. Pharm. Sci.*, **8**, 39 (2005).
51. Mandal S. C., Kumar C. K. A., Mohana L. S., Sinha S., Murugesan T., Saha B., Pal M. Antitussive effect of *Asparagus racemosus* root against sulfur dioxide-induced cough in mice, *Fitoterapia*, **71**, 686 (2000).
52. Visavadiya N. P., Narasimhacharya A. *Asparagus* root regulates cholesterol metabolism and improves antioxidant status in hypercholesteremic rats, *Evid. Based Complement. Alter. Medicine*, **6**, 219 (2009).
53. Dhingra D., Kumar V. Pharmacological evaluation for antidepressant like activity of *Asparagus racemosus* wild in mice, *Pharmacology online*, **3**, 133 (2007).
54. Ojha R., Sahu A. N., Muruganandam A., Singh G. K., Krishnamurthy S. *Asparagus racemosus* enhances memory and protects against amnesia in rodent models, *Brain and cognition.*, **74(1)**, 1 (2010).
55. Sen S., Chakraborty R., De B., Mazumder J. Plants and phytochemicals for peptic ulcer: An overview, *Pharmacognosy reviews*, **3(6)**, 270 (2009).
56. Sairam K., Priyambada S., Aryya N., Goel R. Gastroduodenal ulcer protective activity of *Asparagus racemosus*: an experimental, biochemical and histological study, *J. ethnopharm.*, **86(1)**, 1 (2003).
57. Kanwar A. S., Bhutani K. K. Effects of *Chlorophytum arundinaceum*, *Asparagus adscendens* and *Asparagus racemosus* on pro-inflammatory cytokine and corticosterone levels produced by stress, *Phytother. Res.*, **24(10)**, 1562 (2010).
58. Kumar S., Rajput R., Patil V., Udupa A., Gupta S., Rathnakar U., Rao S., Benegal D., Benegal A., Shubha H. Wound healing profile of *Asparagus racemosus* (Liliaceae) Wild, *Current Pharma Research*, **1(2)**, 111 (2011).

**УДК 615.322**

## **БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ *FOENICULUM VULGARE***

*Зимбитцкая Г. Е.<sup>1</sup>, Суботялов М. А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия*

<sup>2</sup>*Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,*

*Новосибирск, Россия*

*E-mail: subotyalov@yandex.ru*

В обзоре представлен анализ публикаций, посвященных выявлению биологической активности, компонентного состава, фармакологических свойств и терапевтического потенциала компонентов растения *Foeniculum vulgare*. При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в PubMed. Проведенный анализ показал, что в составе *Foeniculum vulgare* присутствует широкий спектр биологически активных веществ: флавоноиды, фенольные соединения, фенхол, эстрагол и другие. В исследованиях были продемонстрированы эстрогенные, противовоспалительные, антиоксидантные, противоопухолевые эффекты. Обзор показал, что *Foeniculum vulgare* обладает терапевтическим потенциалом и может быть перспективным видом сырья для разработки средств, эффективных при различных заболеваниях.

**Ключевые слова:** *Foeniculum vulgare*, Фенхель обыкновенный, флавоноиды, эстрагол.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Применения растительных ресурсов в качестве терапевтических средств при различных заболеваниях растет с каждым годом.

Современные фармацевтические препараты должны быть экономически выгодны, безопасны, эффективны и обладать широким спектром действия. Поэтому большое внимание уделяется поиску и введению в фармацевтику новых источников биологически активных веществ.

Одним из таких растительных ресурсов, с богатым набором биологически активных веществ, обладающих высоким терапевтическим потенциалом, является *Foeniculum vulgare* (Фенхель обыкновенный).

В связи с вышесказанным **цель** данного обзора: проанализировать компонентный состав, биологическую активность и терапевтический потенциал *Foeniculum vulgare*.

При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в PubMed.

*Foeniculum vulgare* – старейшее допустимое название в пределах рода *Foeniculum* для растения, обозначенного Карстенем как *Foeniculum foeniculn*. Однако, согласно международным правилам номенклатуры, биномиальное название *Foeniculum vulgare*

не было действительно опубликовано Хиллом в его справочнике [1] по той причине, что он не последовательно принял биномиальную систему номенклатуры.

Фенхель обыкновенный (*Foeniculum vulgare*) – прямостоячее, ветвящееся многолетнее травянистое растение с мягкой, перистой, почти волосовидной листвой, достигающей 2 м в высоту. Это растение похоже на укроп. Обычно его выращивают в овощных и травяных садах из-за его анисовой листвы и семян, которые обычно собирают для использования в кулинарии. Он прямостоячий и цилиндрический, ярко-зеленый и гладкий, как будто отполированный, с множеством разветвленных листьев, разрезанных на тончайшие сегменты. Листья вырастают до 40 см в длину; они мелко рассечённые, с конечными сегментами нитевидными (нитевидными), шириной около 0,5 мм. Ярко-золотистые цветки в больших плоских верхушечных зонтиках с тринадцатью-двадцатью лучами распускаются в июле и августе.

Растение фенхель возникло в южном Средиземноморье, и благодаря натурализации и культивированию оно растет в диком виде в Северном, Восточном и Западном полушариях, особенно в Азии, Северной Америке и Европе. Его выращивают на полях, а также он растет в дикой природе. Трава была хорошо известна древним египтянам, римлянам, индийцам и китайцам. Римляне выращивали его из-за его ароматных семян, а съедобные мясистые побеги до сих пор очень распространены в южной Италии. Это незаменимый ингредиент современной французской и итальянской кухни. Все части растения ароматны и могут использоваться по-разному.

В лечебных целях фенхель обыкновенный используется с древних времён. Фенхель используется в различных традиционных системах медицины, таких как традиционная аюрведическая медицина, индийских и иранских традиционных системах медицины [20]. Его стебель, плоды, листья, семена и само растение в целом используются в различных формах для лечения различных заболеваний.

Как традиционная, так и современная медицина демонстрируют терапевтические свойства фенхеля. Серия исследований показала, что *F. Vulgare* эффективно контролирует многочисленные инфекционные заболевания бактериального, грибкового, вирусного, микобактериального и протозойного происхождения [3–7]. В таблице 1 перечислены этномедицинские применения *F. vulgare*. для нескольких различных типов заболеваний в различных странах.

Помимо медицинского применения, надземные части, а именно листья, стебли и плоды/семена *F. vulgare*, широко используются в качестве стимуляторов лактации не только для увеличения количества и качества молока, но и для улучшения притока молока у кормящих матерей. [32, 34, 37,47]. С древних времен семена фенхеля использовались в качестве ингредиента для устранения неприятного запаха изо рта [48]. Натуральный светло-зеленый краситель, полученный из листьев, используется в косметике, для окрашивания тканей/деревянных материалов и в качестве пищевого красителя. Красители желтого и коричневого цвета получают путем соединения цветков и листьев фенхеля [49]. Во многих частях Индии и Пакистана жареные семена фенхеля употребляют в качестве *мухвы* (освежителя рта). *Мухва* – освежитель рта после еды или средство для улучшения пищеварения. Он может быть сделан из различных семян и орехов, но часто встречается с

семенами фенхеля, семенами аниса, кокосом и семенами кунжута. Они сладкие на вкус и очень ароматные из-за присутствия сахара и добавления различных эфирных масел. Семена могут быть покрытыми сахаром и ярко окрашенными.

**Таблица 1**  
**Традиционные и современные применения *Foeniculum vulgare***

Заболевание	Используемая часть	Местонахождение	Ссылка
Бессонница	Настой чайного листа	Бразилия	[31]
Опухоли	Настойки из листьев и цветов	Лоха, Эквадор	[2]
Гастрит	Настойки ил листьев и цветов	Лоха, Эквадор	[2]
Противорвотное	Фрукты, в виде порошка	Северо-восточная часть Майорки	[47]
Снятие стресса	Верхушечные побеги	Лигурия, Италия	[45]
Стимулятор молока у беременных	Настой из листьев Фрукты	Южная Африка Рим, Италия	[37] [32]
Колики у детей	Листья и плоды	Бразилия	[29]
Язвы во рту	Листья	Безиликата, Италия	[17]
Конъюнктивит	Листья и цветок	Лоха, Эквадор	[16]
Заболевание почек	Надземная часть Семена	Альто, Боливия Гуджранвала, Пакистан	[38] [32]

### **1. КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ФЕНХЕЛЯ**

*Foeniculum vulgare* выращивают из-за его съедобных плодов или семян. Они сладкие и сухие; полностью созревший экземпляр – изысканный фрукт. Плоды часто сушат для последующего использования, и эти сухофрукты, называемые фенхелем, являются основным предметом торговли. В таблице 2 указан состав питательных веществ фенхеля (данные Министерства сельского хозяйства США). Фенхель является одним из лучших растительных источников калия, натрия, фосфора и кальция. Согласно данным Министерства сельского хозяйства США для сорта Mission, фенхель богат пищевыми волокнами и витаминами по сравнению с потребностями человека. Они имеют меньшее количество многих других питательных веществ.

Фенхель содержит меньшее количество многих других питательных веществ. По весу фенхель содержит больше кальция (49 мг/100 г) по сравнению с яблоками (7,14 мг/100 г), бананами (3,88 мг/100 г), финиками (25,0 мг/100 г), виноградом (10,86 мг/100 г), апельсин (40,25 мг/100 г), чернослив (18,0 мг/100 г), изюм (40,0 мг/100 г), клубника (14,01 мг/100 г). Фенольные смолы являются важным компонентом качества фруктов из-за их вклада во вкус, цвет и питательные свойства фруктов. Среди фенолов, проанализированных в плодах этого растения, были неоохлорогеновая кислота (1,40%), хлорогеновая кислота (2,98%), галловая

кислота (0,169%), хлорогеновая кислота (6,873%), кофейная кислота (2,960%), п-кумаровая кислота. (4,325%), феруловая кислота-7-*o*-глюкозид (5,223%), кверцетин-7-*o*-глюкозид (3,219%), феруловая кислота (3,555%), 1,5-дикафеоилхиновая кислота (4,095%), гесперидин (0,203%), коричная кислота (0,131%), розмариновая кислота (14,998%), кверцетин (17,097%), и апигенин (12,558%) [23].

**Таблица 2**  
**Питательные вещества, обнаруженные в сушеном фенхеле (USDA, США)**

Состав	Количество (на 100 г)
Энергия	31 ккал
Белки	1,24 г
Жиры	0,2 г
Углеводы	7,3 г
Сахара	3,93 г
<b>Минералы</b>	
Кальций, Ca	49 мг
Железо, Fe	0,73 мг
Магний, Mg	17 мг
Фосфор, P	50 мг
Калий, K	414 мг
Натрий, Na	52 мг
Цинк, Zn	0,2 мг
<b>Витамины</b>	
Витамин С	12 мг
Тиамин В-1	0,01 мг
Рибофлавин В-2	0,032 мг
Ниацин В-3	0,64 мг
Витамин В-6	0,047 мг
Витамин А	48
Витамин Е	0, 58 мг
Витамин К	62,8
<b>Незаменимые аминокислоты</b>	
Лейцин	0,63 г
Изолейцин	0,73 г
Фенилаланин	0,45 г
Триптофан	0,53 г
<b>Заменимые аминокислоты</b>	
Глицин	0,55 г
Пролин	0,53 г

Таким образом, как типичный сезонный свежий фрукт, фенхель является важной составляющей региональной диеты Европы и других регионов. Различные сорта частей фенхеля широко используются во многих кулинарных блюдах по



всему миру. Побеги, нежные листья и стебли жуют и рассасывают из-за их изысканного анисового вкуса. Все эти части также широко используются в качестве овощей. В сыром виде их добавляют в салаты, тушат с фасолью и нуттом, используют для фарширования рыбы на гриле, кладут в супы и хлебные бульоны. Помимо приправы, фенхель используется для консервирования продуктов. Цветущие стебли, сахар и мед, вымачиваемые в бренди, дают высокоценный спирт. Травяные чаи, приготовленные из свежих нежных или сушеных цветочных стеблей, пьют охлажденными или горячими, в зависимости от сезона. Кулинарное использование фенхеля настолько разнообразно и широко распространено, что его экспортировали из страны в страну на протяжении веков [14].

*Foeniculum vulgare* официально отмечен в *аюрведической* фармакопее как важная часть многокомпонентных составов при лечении различных заболеваний и расстройств. Был проведен ряд биологических и фармакологических исследований для оценки местного использования *F. vulgare*. Экстракты *F. Vulgare* и его изолированные соединения были оценены на несколько видов активности, а именно антивозрастное, противоаллергическое, противовоспалительное, противомикробное и противовирусное, антимуtagenное, антиноцицептивное, жаропонижающее, спазмолитическое, антистрессовое, антитромботическое, анксиолитическое, апоптотическое, сердечно-сосудистое, цитопротективное, противоопухолевое, мочегонное, эстрогенное, отхаркивающее, лактогенное, ноотропное и окулогипотензивное гепатопротекторное, гипогликемическое, гиполипидемическое, улучшающее память свойства [11, 13, 20, 50,]. Краткий обзор фармакологической и биологической активности представлен в таблице 3.

#### **Противовоспалительная активность**

Пероральное введение метанольного экстракта плодов *F. vulgare* крысам и мышам проявляло ингибирующее действие в отношении острых и подострых воспалительных заболеваний. Противовоспалительную активность метанольного экстракта оценивали с использованием трех протоколов скрининга, а именно: отек лапы, вызванный каррагинаном, отек уха, вызванный арахидоновой кислотой, и артрит, вызванный формальдегидом. Они широко используются для тестирования нестероидных противовоспалительных препаратов. При остром воспалении метанольный экстракт (200 мг/кг) значительно ингибирует отек лап (69%), вызванный инъекцией каррагинана, по сравнению с контрольной группой животных. Метанольный экстракт *F. vulgare* также ингибирует отек уха (70%), вызванный арахидоновой кислотой у мышей. Уровень сывороточных трансаминаз, аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ) достоверно повышается в присутствии метанольного экстракта *F. vulgare* при воспалении, индуцированном формальдегидом, по сравнению с контрольной группой. Оценка уровня АСТ и АЛТ обеспечивает хороший и простой инструмент для измерения противовоспалительной активности целевых соединений [24]. Эти общие результаты позволяют предположить, что *F. vulgare* может действовать как на циклооксигеназный, так и на липооксигеназный пути [7].

Таблица 3  
 Фармакологическая/биологическая активность *Foeniculum vulgare*

Эффект	Используемая часть растения	Полученные результаты	Ссылки
Противовоспалительный	Семя	Ингибирующее действие в отношении острых и подострых воспалительных заболеваний и аллергических реакций IV типа.	[26]
Гипогликемический	Семя	Прием эфирного масла диабетическими крысами корректировал гипергликемию и активность сывороточной глутатионпероксидазы, а также улучшал патологические изменения, наблюдаемые в их почках и поджелудочной железе.	[32]
Противоопухолевый	Семя	70% метанольный экстракт проявляет хорошую противоопухолевую активность при концентрации 200 мкг/мл.	[31]
Антиоксидантный	Семя	77,5% и 99,1% ингибирование перекисного окисления в системе линолевой кислоты соответственно.	[33]
Эстрогенный	Семя	Масса молочных желез увеличивается, также увеличивается масса яйцевода, эндометрия, миометрия, шейки матки и влагалища.	[25]
Антистрессовый	Семя	Значительное ингибирование вызванных стрессом биохимических изменений ванилилминдальной кислоты и аскорбиновой кислоты.	[29]
Антиканцерогенный	Семя	Значительное повышение уровня малонового диальдегида и значительное снижение активности каталазы и содержания глутатиона в печени и опухолевой ткани у мышей с асцитной карциномой Эрлиха	[38]

### **Эстрогенные свойства**

С момента открытия в 1926 году эффектов некоторых растительных продуктов, вызывающих течку, были предприняты значительные усилия для анализа фитоэстрогенов, включая флавоноиды, изофлавоноиды, халконы, куместаны, стильбены, лигнаны, сапонины и эфирные масла [16]. *F. vulgare* обладает эстрогеноподобной активностью. У самок крыс пероральное введение экстракта в течение 10 дней приводило к эструсу [25]. Общая концентрация нуклеиновых кислот и белка, а также масса ткани увеличивались в молочных железах за счет перорального приема ацетонового экстракта семян *F. vulgare* [38]. Сообщалось, что масло фенхеля проявляет эстрогенную активность, способствует менструации и облегчает симптомы женского климактерического периода, а также повышает либидо [4]. Введение масла фенхеля не продемонстрировало какого-либо заметного эффекта в отношении сокращения матки. Использование масла фенхеля проявляло ингибирующий эффект в отношении простагландина E2. Таким образом, экстракты *F. vulgare* обладают эстрогенной активностью [23].

### **Сердечно-сосудистая система**

Водный экстракт листьев *F. vulgare* обладает потенциальным действием на сердечно-сосудистую систему. Этот эффект был исследован с использованием анестезированных пентобарбиталом самцов белых крыс Sprague-Dawley [21]. Внутривенное введение лиофилизированного кипяченого водного экстракта листьев вызывало значительное дозозависимое снижение артериального давления, не влияя на частоту сердечных сокращений или частоту дыхания. Водный экстракт вызывал невыраженную гипотензивную активность. [21].

### **Антиоксидантная активность**

Природные антиоксиданты могут быть использованы для защиты человека от окислительного стресса [24]. Фенхель известен как отличный источник природных антиоксидантов и вносит свой вклад в ежедневный антиоксидантный рацион [29]. Было обнаружено, что дикий фенхель проявляет активность по удалению свободных радикалов с более высоким содержанием фенолов и флавоноидов, чем лекарственный и пищевой фенхель, а надземные части популяций итальянского фенхеля показали самую высокую активность по удалению DPPH [21]. Фенольные соединения фенхеля, включая кофеилхиновую кислоту, розмариновую кислоту, эриодиктиол-7-орутинозид, кверцетин-3-О-галактозид и кемпферол-3-О-глюкозид, проявляли антиоксидантную активность [23]. Эфирное масло продемонстрировало сильную антиоксидантную активность. Этаноловые и водные экстракты фенхеля показали меньшую антиоксидантную активность по сравнению с эфирным маслом [38].

### **Влияние на фертильность**

Было показано эстрогенное влияние перорального приема экстракта фенхеля в течение 10 дней на увеличение массы женских половых органов. Прием экстракта фенхеля в течение 5 дней значительно увеличивал общее количество фолликулов у самок белых крыс по сравнению с группой плацебо [4]. Внутривенное введение

этанольного экстракта фенхеля самкам мышей в течение 5 дней увеличивало уровень эстрогена в зависимости от дозы [22]. Влияние фенхеля на толщину эндометрия у 92 бесплодных женщин, которые случайным образом были разделены на две группы: принимавшие фенхелевый чай (n = 45) и контрольную (n = 47) группы. Толщину эндометрия определяли по УЗИ, уровню  $\beta$ -хорионического гонадотропина человека в сыворотке крови и увеличению дозы эстрогенов. Среднее количество дней для достижения толщины эндометрия не менее 8 мм составило  $13,1 \pm 3,2$  и  $14,2 \pm 3,5$  в группах с фенхелем и контрольной группе соответственно [41].

#### **Влияние на лактацию**

Пролактин известен как гормон лактации, который вырабатывается гипофизом. Наиболее важной функцией пролактина является стимулирующее влияние на выработку молока после родов. Высокий уровень пролактина при беременности способствует увеличению молочных желез и выделению молока в груди у женщин при грудном вскармливании. Высокий уровень пролактина в первые несколько месяцев грудного вскармливания тормозит овуляцию. Индуктивное влияние фенхеля на выработку пролактина было подтверждено в доклинических и клинических исследованиях. Внутривентриальное введение водного экстракта фенхеля в течение 5 и 10 дней значительно повышало уровень пролактина в сыворотке крови [25]. Кроме того, внутривентриальное введение 100 и 200 мг/кг этанольного экстракта фенхеля самкам мышей в течение 5 дней увеличивало уровень пролактина в зависимости от дозы [22]. Семена фенхеля (6 капсул по 500 мг три раза в день) повышали пролактин в сыворотке крови у кормящих женщин.

#### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Фенхель обыкновенный используется, как пряность и как традиционный метод лечения. Все части растения обладают высокой фармакологической эффективностью. *Foeniculum vulgare* содержит различные фитохимические вещества, такие как летучие соединения, флавоноиды, фенольные соединения, жирные кислоты и аминокислоты.

Полученные данные дают основу для обоснования проведения дальнейших исследований, а также указывают на важность и актуальность изучения биологически активных веществ *Foeniculum vulgare* при различных заболеваниях.

#### **Список литературы**

1. Hill J. The British Herbal: An History of Plants and Trees, Natives of Britain, Cultivated for Use, or Raised for Beauty / J. Hill. – London, UK, 1756.
2. Muckensturm B. Phytochemical and chemotaxonomic studies of *Foeniculum vulgare* / B. Muckensturm, D. Foechterlen, J. P. Reduron, P. Danton, M. Hildenbrand // *Biochemical Systematics and Ecology*. – 1997. – Vol. 25, No 4. – P. 353–358.
3. Kaur G. J. Antibacterial and phytochemical screening of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi* / G. J. Kaur, D. S. Arora // *BMC Complementary and Alternative Medicine*. – 2009. – Vol. 9. – article 30.
4. Manonmani R. Antibacterial screening on *Foeniculum vulgare* Mill / R. Manonmani, V. M. Abdul Khadir // *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. – 2011. – Vol. 2, No 4. – P. 390–394.

5. Orhan I. E. Antimicrobial and antiviral effects of essential oils from selected Umbelliferae and Labiatae plants and individual essential oil components / I. E. Orhan, B. Özçelik, M. Kartal, Y. Kan // *Turkish Journal of Biology*. – 2012. – Vol. 36, No 3. – P. 239–246.
6. Morales P. Tocopherol composition and antioxidant activity of Spanish wild vegetables / P. Morales, A. M. Carvalho, M. C. Sánchez-Mata, M. Cámara, M. Molina, I. C. F. R. Ferreira // *Genetic Resources and Crop Evolution*. – 2012. – Vol. 59, No 5. – P. 851–863.
7. Dua A. Polyphenols, flavonoids and antimicrobial properties of methanolic extract of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller) / A. Dua, G. Garg, R. Mahajan // *European Journal of Experimental Biology*. – 2013. – Vol. 3, No 4. – P. 203–208.
8. Malini T. Effect of *Foeniculum vulgare*. Mill seed extract on the genital organs of male and female rats / T. Malini, G. Vanithakumari, N. Megala, S. Anusya, K. Devi, V. Elango // *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*. – 1985. – Vol. 29, No 1. – P. 21–26.
9. Ozbek H. Hepatoprotective effect of *Foeniculum vulgare* essential oil / H. Ozbek, S. Uğraş, H. Dülger [et al.] // *Fitoterapia*. – 2003. – Vol. 74, No 3. – P. 317–319.
10. Oktay M. Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts / M. Oktay, I. Gülçin, Ö. I. Küfrevioğlu // *LWT-Food Science and Technology*. – 2003. – Vol. 36, No 2. – P. 263–271.
11. Pradhan M. In-vitro cytoprotection activity of *Foeniculum vulgare* and *Helicteres isora* in cultured human blood lymphocytes and antitumour activity against B16F10 melanoma cell line / M. Pradhan, S. Sribhuwaneswari, D. Karthikeyan [et al.] // *Research Journal of Pharmacy and Technology*. – 2008. – Vol. 1, No 4. – P. 450–452.
12. El-Soud N. A. Antidiabetic activities of *Foeniculum vulgare* mill. Essential oil in streptozotocin-induced diabetic rats / N. A. El-Soud, N. El-Laithy, G. El-Saeed [et al.] // *Macedonian Journal of Medical Sciences*. – 2011. – Vol. 4, No 2. – P. 139–146.
13. Koppula S. *Foeniculum vulgare* Mill (Umbelliferae) attenuates stress and improves memory in wister rats / S. Koppula, H. Kumar // *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. – 2013. – Vol. 12, No 4. – P. 553–558.
14. Barros L. The nutritional composition of fennel (*Foeniculum vulgare*): shoots, leaves, stems and inflorescences / L. Barros, A. M. Carvalho, I. C. F. R. Ferreira // *LWT: Food Science and Technology*. – 2010. – Vol. 43, No 5. – P. 814–818.
15. Garg C. Chemical composition, therapeutic potential and perspectives of *Foeniculum vulgare* / C. Garg, S. A. Khan, S. H. Ansari, A. Suman, M. Garg // *Pharmacognosy Reviews*. – 2009. – Vol. 3, No 6. – P. 346–352.
16. He W. A review of chemistry and bioactivities of a medicinal spice: *Foeniculum vulgare* / W. He, B. Huang // *Journal of Medicinal Plants Research*. – 2011. – Vol. 5, No 16. – P. 3595–3600.
17. Rather M. A. *Foeniculum vulgare*: a comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety / M. A. Rather, B. A. Dar, S. N. Sofi, B. A. Bhat, M. A. Qurishi // *Arabian Journal of Chemistry*. – 2012. – Vol 9.
18. Jamwal N. S. Phytochemical and pharmacological review on *Foeniculum Vulgare* / N. S. Jamwal, S. Kumar, A. C. Rana // *International Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2013. – Vol. 4. – P. 327–341.
19. Grover S. Botany, cultivation, chemical constituents and genetic diversity in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill): a review / S. Grover, C. P. Malik, A. Hora, H. B. Kushwaha // *International Journal of Life Sciences*. – 2013. – Vol. 2, No 2. – P. 128–139.
20. Rahimi R. Medicinal properties of *Foeniculum vulgare* Mill. in traditional Iranian medicine and modern phytotherapy / R. Rahimi, M. R. S. Ardekani // *Chinese Journal of Integrative Medicine*. – 2013. – Vol. 19, No 1. – P. 73–79.
21. Krishnamurthy K. H. Medicinal plants: Madhurikā, saunf or fennel (*Foeniculum vulgare*, Gaertn) / K. H. Krishnamurthy // *Journal of New Approaches to Medicine and Health*. – 2011. – Vol. 19, No 1. – P. 1–4.
22. Vardavas C. I. Lipid concentrations of wild edible greens in Crete / C. I. Vardavas, D. Majchrzak, K. H. Wagner, I. Elmadfa, A. Kafatos // *Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 99, No 4. – P. 822–834.
23. Roby M. H. H. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) / M. H. H. Roby, M. A. Sarhan, K. A. Selim, K. I. Khalel // *Industrial Crops and Products*. – 2013. – Vol. 44. – P. 437–445.

24. Ghorbani A. Studies on pharmaceutical ethnobotany in the region of Turkmen Sahra, north of Iran (part 1): general results / A. Ghorbani // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2005. – Vol. 102, No 1. – P. 58–68.
25. Jabbar A. An inventory of the ethnobotanicals used as anthelmintics in the Southern Punjab (Pakistan) / A. Jabbar, M. A. Raza, Z. Iqbal, M. N. Khan // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2006. – Vol. 108, No 1. – P. 152–154.
26. Jain A. Unrecorded ethnomedicinal uses of biodiversity from Tadgarh-Raoli wildlife sanctuary / A. Jain, S. S. Katewa, P. K. Galav, A. Nag // *Acta Botanica Yunnanica*. – 2007. – Vol. 29, No 3. – P. 337–344.
27. Wyk V. B. E. A review of Khoi-San and Cape Dutch medical ethnobotany / V. B. E. Wyk // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2008. – Vol. 119, No 3. – P. 331–341.
28. Neves J. M. Ethnopharmacological notes about ancient uses of medicinal plants in Trás-os-Montes (northern of Portugal) / J. M. Neves, C. Matos, C. Moutinho, G. Queiroz, L. R. Gomes // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2009. – Vol. 124, No 2. – P. 270–283.
29. Benítez G. Pharmaceutical ethnobotany in the western part of Granada province (southern Spain): ethnopharmacological synthesis / G. Benítez, M. R. González-Tejero, J. Molero-Mesa // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2010. – Vol. 129, No 1. – P. 87–105.
30. Savo V. Folk phytotherapy of the Amalfi Coast (Campania, Southern Italy) / V. Savo, C. Giulia, G. P. Maria, R. David // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2011. – Vol. 135, No 2. – P. 376–392.
31. Oliveira S. G. D. An ethnomedicinal survey on phytotherapy with professionals and patients from Basic Care Units in the Brazilian Unified Health System / S. G. D. Oliveira, F. R. R. de Moura, F. F. Demarco, P. D. S. Nascente, F. A. B. D. Pino, R. G. Lund // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2012. – Vol. 140, No 2. – P. 428–437.
32. Guarrera P. M. Perceived health properties of wild and cultivated food plants in local and popular traditions of Italy: a review / P. M. Guarrera, V. Savo // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2013. – Vol. 146, No 3. – P. 659–680.
33. Guarrera P. M. Ethnobotanical and ethnomedicinal uses of plants in the district of Acquapendente (Latium, Central Italy) / P. M. Guarrera, G. Forti, S. Marignoli // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2005. – Vol. 96, No 3. – P. 429–444.
34. Macía M. J. An ethnobotanical survey of medicinal plants commercialized in the markets of la Paz and El Alto, Bolivia / M. J. Macía, E. García, P. J. Vidaurre // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2005. – Vol. 97, No 2. – P. 337–350.
35. Jarić S. An ethnobotanical study on the usage of wild medicinal herbs from Kopaonik Mountain (Central Serbia) / S. Jarić, Z. Popović, M. Macukanović-Jocić [et al.] // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2007. – Vol. 111, No 1. – P. 160–175.
36. Kumar M. An ethnobotanical study of medicinal plants used by the locals in Kishtwar, Jammu and Kashmir, India / M. Kumar, Y. Paul, V. K. Anand // *Ethnobotanical Leaflets*. – 2009. – Vol. 13, No 10. – P. 1240–1256.
37. Lewu F. B. Ethnomedicine in South Africa: the role of weedy species / F. B. Lewu, A. J. Afolayan // *African Journal of Biotechnology*. – 2009. – Vol. 8, No 6. – P. 929–934.
38. Mitra S. Ethnomedicinal usages of some wild plants of North Bengal plain for gastro-intestinal problems / S. Mitra, S. K. Mukherjee // *Indian Journal of Traditional Knowledge*. – 2010. – Vol. 9, No 4. – P. 705–712.
39. Alzweiri M. Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Jordan, the Northern Badia region / M. Alzweiri, A. A. Sarhan, K. Mansi, M. Hudaib, T. Aburjai // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2011. – Vol. 137, No 1. – P. 27–35.
40. Calvo M. I. Pharmaceutical ethnobotany in the Riverside of Navarra (Iberian Peninsula) / M. I. Calvo, S. Akerreta, R. Y. Cavero // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2011. – Vol. 135, No 1. – P. 22–33.
41. Mesfin A. Ethnobotanical study of antimalarial plants in Shinile District, Somali Region, Ethiopia, and in vivo evaluation of selected ones against *Plasmodium berghei* / A. Mesfin, M. Giday, A. Animut, T. Teklehaymanot // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2012. – Vol. 139, No 1. – P. 221–227.
42. Halberstein R. A. Botanical medicines for diuresis: cross-cultural comparisons / R. A. Halberstein // *Studies in Natural Products Chemistry*. – 2012. – Vol. 37. – P. 1–41.
43. Bulut G. An ethnobotanical study of medicinal plants in Turgutlu (Manisa-Turkey) / G. Bulut, E. Tuzlaci // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2013. – Vol. 149, No 3. – P. 633–647.

44. Juárez-Vázquez M. D. C. Ethnobotany of medicinal plants used in Xalpatlahuac, Guerrero, México / M. D. C. Juárez-Vázquez, C. Carranza-Álvarez, A. J. Alonso-Castro [et al.] // Journal of Ethnopharmacology. – 2013. – Vol. 148, No 2. – P. 521–527.
45. Cornara L. Traditional uses of plants in the Eastern Riviera (Liguria, Italy) / L. Cornara, A. La Rocca, S. Marsili, M. G. Mariotti // Journal of Ethnopharmacology. – 2009. – Vol. 125, No 1. – P. 16–30.
46. Sharma R. Ethnoveterinary remedies of diseases among milk yielding animals in Kathua, Jammu and Kashmir, India / R. Sharma, R. K. Manhas, R. Magotra // Journal of Ethnopharmacology. – 2012. – Vol. 141, No. 1. – P. 265–272.
47. Carrió E. Ethnobotany of medicinal plants used in Eastern Mallorca (Balearic Islands, Mediterranean Sea) / E. Carrió, J. Vallès // Journal of Ethnopharmacology. – 2012. – Vol. 141, No. 3. – P. 1021–1040.
48. Kirtikar K. R. Indian Medicinal Plants, Vol. I–IV / K. R. Kirtikar, B. D. Basu. – Bishen Singh Mahendra Pal Singh, 1991.
49. Grae I. Nature's Colors – Dyes from Plants / I. Grae. – MacMillan, New York, 1974.
50. Rasul A. Formulation development of a cream containing fennel extract: in vivo evaluation for anti-aging effects / A. Rasul, N. Akhtar, B. A. Khan, T. Mahmood, S. Uz Zaman, H. M. Shoaib Khan // Pharmazie. – 2012. – Vol. 67, No 1. – P. 54–58.

## BIOLOGICAL ACTIVITY AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF *FOENICULUM VULGARE*

Zimbittskaya G. E.<sup>1</sup>, Subotyalov M. A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

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

E-mail: subotyalov@yandex.ru

The use of plant resources as therapeutic agents for various diseases is growing every year. Modern pharmaceuticals should be cost-effective, safe, effective and have a wide spectrum of action. Therefore, much attention is paid to the search and introduction of new sources of biologically active substances into pharmaceuticals. One of such plant resources, with a rich set of biologically active substances with high therapeutic potential, is *Foeniculum vulgare* (Common Fennel). The purpose of this review is to analyze the component composition, biological activity and therapeutic potential of *Foeniculum vulgare*. Publications included in PubMed were used in the preparation of this article. The review presents an analysis of publications devoted to the identification of biological activity, component composition, pharmacological properties and therapeutic potential of the components of the *Foeniculum vulgare*. The analysis showed that *Foeniculum vulgare* contains a wide range of biologically active substances: flavonoids, phenolic compounds, fenchol, estragole and others. Studies have demonstrated estrogenic, anti-inflammatory, antioxidant, antitumor effects. The review showed that *Foeniculum vulgare* has therapeutic potential and may be a promising raw material for the development of agents effective in various diseases. Common fennel is used as a spice and as a traditional method of treatment. All parts of the plant have high pharmacological efficiency. *Foeniculum vulgare* contains various phytochemicals such as volatile compounds, flavonoids, phenolic compounds, fatty acids and amino acids. The data obtained provide the basis for the justification of further research, and also indicate the importance and

relevance of studying biologically active substances of *Foeniculum vulgare* in various diseases.

**Keywords:** *Foeniculum vulgare*, Fennel ordinary, flavonoids, estragole.

### References

1. Hill J. *The British Herbal: An History of Plants and Trees, Natives of Britain, Cultivated for Use, or Raised for Beauty* (London, UK, 1756).
2. Muckensturm B., Foechterlen D., Reduron J. P., Danton P., Hildenbrand M. Phytochemical and chemotaxonomic studies of *Foeniculum vulgare*, *Biochemical Systematics and Ecology*, **25(4)**, 353 (1997).
3. Kaur G. J., Arora D. S. Antibacterial and phytochemical screening of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi*, *BMC Complementary and Alternative Medicine*, **9**, article 30 (2009).
4. Manonmani R., Abdul Khadir V. M. Antibacterial screening on *Foeniculum vulgare* Mill, *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, **2(4)**, 390 (2011).
5. Orhan I. E., Özçelik B., Kartal M., Kan Y. Antimicrobial and antiviral effects of essential oils from selected Umbelliferae and Labiatae plants and individual essential oil components, *Turkish Journal of Biology*, **36(3)**, 239 (2012).
6. Morales P., Carvalho A. M., Sánchez-Mata M. C., Cámara M., Molina M., Ferreira I. C. F. R. Tocopherol composition and antioxidant activity of Spanish wild vegetables, *Genetic Resources and Crop Evolution*, **59(5)**, 851 (2012).
7. Dua A., Garg G., Mahajan R. Polyphenols, flavonoids and antimicrobial properties of methanolic extract of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller), *European Journal of Experimental Biology*, **3(4)**, 203 (2013).
8. Malini T., Vanithakumari G., Megala N., Anusya S., Devi K., Elango V. Effect of *Foeniculum vulgare*. Mill seed extract on the genital organs of male and female rats, *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, **29(1)**, 21 (1985).
9. Ozbek H., Uğraş S., Dülger H. [et al.] Hepatoprotective effect of *Foeniculum vulgare* essential oil, *Fitoterapia*, **74(3)**, 317 (2003).
10. Oktay M., Gülçin I., Küfrevioğlu Ö. I. Determination of in vitro antioxidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts, *LWT-Food Science and Technology*, **36(2)**, 263 (2003).
11. Pradhan M., Sribhuwaneswari S., Karthikeyan D. [et al.] In-vitro cytoprotection activity of *Foeniculum vulgare* and *Helicteres isora* in cultured human blood lymphocytes and antitumour activity against B16F10 melanoma cell line, *Research Journal of Pharmacy and Technology*, **1(4)**, 450 (2008).
12. El-Soud N. A., El-Laithy N., El-Saeed G. [et al.] Antidiabetic activities of *Foeniculum vulgare* mill. Essential oil in streptozotocin-induced diabetic rats, *Macedonian Journal of Medical Sciences*, **4(2)**, 139 (2011).
13. Koppula S., Kumar H. *Foeniculum vulgare* Mill (Umbelliferae) attenuates stress and improves memory in wister rats, *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, **12(4)**, 553 (2013).
14. Barros L., Carvalho A. M., Ferreira I. C. F. R. The nutritional composition of fennel (*Foeniculum vulgare*): shoots, leaves, stems and inflorescences, *LWT: Food Science and Technology*, **43(5)**, 814 (2010).
15. Garg C., Khan S. A., Ansari S. H., Suman A., Garg M. Chemical composition, therapeutic potential and perspectives of *Foeniculum vulgare*, *Pharmacognosy Reviews*, **3(6)**, 346 (2009).
16. He W., Huang B. A review of chemistry and bioactivities of a medicinal spice: *Foeniculum vulgare*, *Journal of Medicinal Plants Research*, **5(16)**, 3595 (2011).
17. Rather M. A., Dar B. A., Sofi S. N., Bhat B. A., Qurishi M. A. *Foeniculum vulgare*: a comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology, and safety, *Arabian Journal of Chemistry*, **9** (2012).
18. Jamwal N. S., Kumar S., Rana A. C. Phytochemical and pharmacological review on *Foeniculum Vulgare*, *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, **4**, 327 (2013).
19. Grover S., Malik C. P., Hora A., Kushwaha H. B. Botany, cultivation, chemical constituents and genetic diversity in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill): a review, *International Journal of Life Sciences*, **2(2)**, 128 (2013).



20. Rahimi R., Ardekani M. R. S. Medicinal properties of *Foeniculum vulgare* Mill. in traditional Iranian medicine and modern phytotherapy, *Chinese Journal of Integrative Medicine*, **19(1)**, 73 (2013).
21. Krishnamurthy K. H. Medicinal plants: Madhurikā, saunf or fennel (*Foeniculum vulgare*, Gaertn), *Journal of New Approaches to Medicine and Health*, **19(1)**, 1 (2011).
22. Vardavas C. I., Majchrzak D., Wagner K. H., Elmadfa I., Kafatos A. Lipid concentrations of wild edible greens in Crete, *Food Chemistry*, **99(4)**, 822 (2006).
23. Roby M. H. H., Sarhan M. A., Selim K. A., Khalel K. I. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), *Industrial Crops and Products*, **44**, 437 (2013).
24. Ghorbani A. Studies on pharmaceutical ethnobotany in the region of Turkmen Sahra, north of Iran (part 1): general results, *Journal of Ethnopharmacology*, **102(1)**, 58 (2005).
25. Jabbar A., Raza M. A., Iqbal Z., Khan M. N. An inventory of the ethnobotanicals used as anthelmintics in the Southern Punjab (Pakistan), *Journal of Ethnopharmacology*, **108(1)**, 152 (2006).
26. Jain A., Katewa S. S., Galav P. K., Nag A. Unrecorded ethnomedicinal uses of biodiversity from Tadgarh-Raoli wildlife sanctuary, *Acta Botanica Yunnanica*, **29(3)**, 337 (2007).
27. Wyk V. B. E. A review of Khoi-San and Cape Dutch medical ethnobotany, *Journal of Ethnopharmacology*, **119(3)**, 331 (2008).
28. Neves J. M., Matos C., Moutinho C., Queiroz G., Gomes L. R. Ethnopharmacological notes about ancient uses of medicinal plants in Trás-os-Montes (northern of Portugal), *Journal of Ethnopharmacology*, **124(2)**, 270 (2009).
29. Benítez G., González-Tejero M. R., Molero-Mesa J. Pharmaceutical ethnobotany in the western part of Granada province (southern Spain): ethnopharmacological synthesis, *Journal of Ethnopharmacology*, **129(1)**, 87 (2010).
30. Savo V., Giulia C., Maria G. P., David R. Folk phytotherapy of the Amalfi Coast (Campania, Southern Italy), *Journal of Ethnopharmacology*, **135(2)**, 376 (2011).
31. Oliveira S. G. D., de Moura F. R. R., Demarco F. F., Nascente P. D. S., Pino F. A. B. D., Lund R. G. An ethnomedicinal survey on phytotherapy with professionals and patients from Basic Care Units in the Brazilian Unified Health System, *Journal of Ethnopharmacology*, **140(2)**, 428 (2012).
32. Guarrera P. M., Savo V. Perceived health properties of wild and cultivated food plants in local and popular traditions of Italy: a review, *Journal of Ethnopharmacology*, **146(3)**, 659 (2013).
33. Guarrera P. M., Forti G., Marignoli S. Ethnobotanical and ethnomedicinal uses of plants in the district of Acquapendente (Latium, Central Italy), *Journal of Ethnopharmacology*, **96(3)**, 429 (2005).
34. Macía M. J., García E., Vidaurre P. J. An ethnobotanical survey of medicinal plants commercialized in the markets of la Paz and El Alto, Bolivia, *Journal of Ethnopharmacology*, **97(2)**, 337 (2005).
35. Jarić S., Popović Z., Macukanović-Jocić M. [et al.] An ethnobotanical study on the usage of wild medicinal herbs from Kopaonik Mountain (Central Serbia), *Journal of Ethnopharmacology*, **111(1)**, 160 (2007).
36. Kumar M., Paul Y., Anand V. K. An ethnobotanical study of medicinal plants used by the locals in Kishtwar, Jammu and Kashmir, India, *Ethnobotanical Leaflets*, **13(10)**, 1240 (2009).
37. Lewu F. B., Afolayan A. J. Ethnomedicine in South Africa: the role of weedy species, *African Journal of Biotechnology*, **8(6)**, 929 (2009).
38. Mitra S., Mukherjee S. K. Ethnomedicinal usages of some wild plants of North Bengal plain for gastrointestinal problems, *Indian Journal of Traditional Knowledge*, **9(4)**, 705 (2010).
39. Alzweiri M., Sarhan A. A., Mansi K., Hudaib M., Aburjai T. Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Jordan, the Northern Badia region, *Journal of Ethnopharmacology*, **137(1)**, 27 (2011).
40. Calvo M. I., Akerreta S., Cavero R. Y. Pharmaceutical ethnobotany in the Riverside of Navarra (Iberian Peninsula), *Journal of Ethnopharmacology*, **135(1)**, 22 (2011).
41. Mesfin A., Giday M., Animut A., Teklehaymanot T. Ethnobotanical study of antimalarial plants in Shinile District, Somali Region, Ethiopia, and in vivo evaluation of selected ones against *Plasmodium berghei*, *Journal of Ethnopharmacology*, **139(1)**, 221 (2012).
42. Halberstein R. A. Botanical medicines for diuresis: cross-cultural comparisons, *Studies in Natural Products Chemistry*, **37**, 1 (2012).
43. Bulut G., Tuzlaci E. An ethnobotanical study of medicinal plants in Turgutlu (Manisa-Turkey), *Journal of Ethnopharmacology*, **149(3)**, 633 (2013).

44. Juárez-Vázquez M. D. C., Carranza-Álvarez C., Alonso-Castro A. J. [et al.] Ethnobotany of medicinal plants used in Xalpatlahuac, Guerrero, México, *Journal of Ethnopharmacology*, **148(2)**, 521 (2013).
45. Cornara L., La Rocca A., Marsili S., Mariotti M. G. Traditional uses of plants in the Eastern Riviera (Liguria, Italy), *Journal of Ethnopharmacology*, **125(1)**, 16 (2009).
46. Sharma R., Manhas R. K., Magotra R. Ethnoveterinary remedies of diseases among milk yielding animals in Kathua, Jammu and Kashmir, India, *Journal of Ethnopharmacology*, **141(1)**, 265 (2012).
47. Carrió E., Vallès J. Ethnobotany of medicinal plants used in Eastern Mallorca (Balearic Islands, Mediterranean Sea), *Journal of Ethnopharmacology*, **141(3)**, 1021 (2012).
48. Kirtikar K. R., Basu B. D. *Indian Medicinal Plants, Vol. I-IV* (Bishen Singh Mahendra Pal Singh, 1991).
49. Grae I. *Nature's Colors – Dyes from Plants* (MacMillan, New York, 1974).
50. Rasul A., Akhtar N., Khan B. A., Mahmood T., Uz Zaman S., Shoaib Khan H. M. Formulation development of a cream containing fennel extract: in vivo evaluation for anti-aging effects, *Pharmazie*, **67(1)**, 54 (2012).

УДК 612.821

## ВЛИЯНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА ГВОЗДИЧНОГО ДЕРЕВА НА НЕРВНУЮ РЕГУЛЯЦИЮ ФУНКЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

*Ибрагимова Э. Э.<sup>1</sup>, Тонковцева В. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь,  
Республика Крым, Россия

<sup>2</sup>ФГБУН «НБС-ННЦ РАН», Ялта, Республика Крым, Россия  
E-mail: evelina\_biol@mail.ru

В статье представлены данные исследования влияния эфирного масла *Syzygium aromaticum* на регуляторные функции центральной нервной системы по ряду психофизиологических показателей (гемодинамическим показателям, уровню индекса стресса, умственной работоспособности и механизмам кристаллообразования слюны) студентов во время учебных занятий. Установлено, что эфирное масло *S. aromaticum* оказывало положительное влияние на психофизиологический статус обследованных студентов, проявляющееся в улучшении психоэмоционального состояния и умственной работоспособности. Выявлено положительное влияние эфирного масла *S. aromaticum* на вегетативную нервную систему, подтверждающееся стабилизацией показателей гемодинамики и кристаллогенеза слюны обследованных студентов. Высказано мнение, что для достижения более значимых результатов аромавоздействие должно осуществляться не однократно, а периодически.

**Ключевые слова:** эфирное масло, гвоздичное дерево, обучающиеся, умственная работоспособность, психоэмоциональное состояние.

### ВВЕДЕНИЕ

Современные обучающиеся сталкиваются с проблемой интенсификации учебного процесса, внедрения новых образовательных инновационных технологий, а также увеличением психоэмоциональной нагрузки. Все эти факторы в совокупности с индивидуальными особенностями психофизиологической организации обучающегося могут негативно отразиться на его работоспособности и даже здоровье. Это вызывает необходимость разработки и внедрения в учебный процесс эффективных мер и подходов, существенно снижающих уровень психоэмоционального стресса и способствующих сохранению работоспособности на достаточно высоком уровне. Исследования немедикаментозной коррекции психоэмоционального статуса лиц разного возраста методами фитореабилитационного воздействия позволили установить достаточно эффективное влияние эфирных масел (ЭМ) [1, 2].

Научный интерес к использованию эфирных масел обусловлен их способностью оказывать положительное физиологическое влияние на организм [1–4].

Оценка влияния ЭМ гвоздичного дерева на психоэмоциональное состояние и умственную работоспособность обучающихся во время учебных занятий позволила выявить положительное влияние на их психоэмоциональный статус [5]. По мнению

Бекмамбетова Т. Р. с соавторами [6], ЭМ гвоздичного дерева способно вызывать эуфорическое и гипотензивное влияние, усиливающееся при физических нагрузках. В исследованиях Яроша А. М. с соавторами по оценке состояния сердечно-сосудистой системы на основе диагностики показателей гемодинамики (САД, ДАД, ЧСС, УОК, МОК, ПД) и установленных расчетным путем индексов (сердечный индекс, индекс Робинсона, индекс Кердо, КЭК) при действии различных концентраций ЭМ гвоздичного дерева было установлено нормализующее влияние, проявляющееся в стабилизации исследованных показателей до уровня физиологической нормы [7]. В частности, было отмечено, что для обследуемых со склонностью к артериальной гипертензии отмечалось снижение исследованных показателей, у лиц с гипотонией стабилизация сдвигалась в сторону незначительного повышения до физиологической нормы, в свою очередь у нормотоников показатели гемодинамики оставались константными, но при этом они отмечали положительное влияние психоаромарелаксации на психоэмоциональную сферу. Положительное влияние ЭМ на психоэмоциональное состояние и работоспособность обусловлено их анксиолитическим и антидепрессивным действием [8]. В этой связи Ярош А. М. отмечает важность проведения исследований, раскрывающих физиологические механизмы действия ЭМ при ингаляционном введении в низких концентрациях [8].

Обзор результатов исследования влияния ЭМ на психоэмоциональное состояние обследуемых, представленный в научной литературе, подтверждает возможность использования ЭМ для коррекции стресса у участников образовательного процесса [9].

**Цель исследования** заключалась в оценке влияния эфирного масла гвоздичного дерева (*Syzygium aromaticum*) на нервную регуляцию функций обучающихся в период проведения учебных занятий.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова». В исследовании приняли участие обучающиеся первых курсов (девушки, n = 35) в возрасте от 17 до 19 лет. Участницы эксперимента, согласно основным этическим принципам Хельсинкской декларации [10], были проинформированы о его цели и согласились на добровольное участие в нем. Обучающиеся склонные к аллергическим реакциям участия в исследовании не принимали, хотя имеются сведения о гипоаллергенности эфирных масел [9].

Схема исследования предполагала два этапа: на первом этапе (перед началом занятия, без аромавоздействия) у испытуемых по методу Н. С. Короткова в покое трехкратно производили замеры гемодинамических показателей (систолическое и диастолическое артериальное давление – САД и ДАД, мм. рт. ст.; частоту сердечных сокращений – ЧСС, уд/мин) электронным автоматическим тонометром цифровой серии Omron (модель Тонометр Omron M2 Basic), а также брали для микроскопического исследования образцы ротовой жидкости; на втором этапе

(после аромавоздействия в процессе проведения занятия) повторно проводили замеры и брали биоматериал для анализа. Препараты для микроскопии готовили путем нанесения 0,3 мл слюны на предметное стекло с последующим высушиванием в горизонтальном положении при  $t = 20-25^{\circ}$  воздуха. Изучение фаций кристаллограмм проводили на микроскопе "Leica" (объектив x16, x40, x90) с ранжированием морфотипов по 5-балльной шкале оценивания [11].

Параллельно определяли индекс стресса (ИС) – показатель, отражающий функциональное состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) и свидетельствующий о адаптации организма к действию различных факторов, а также степени риска развития заболеваний [12]. Оценку уровня стресса осуществляли на диагностическом приборе «АнгиоСкан-01П» (Россия) путем записи фотоплетизмограммы обследуемых девушек. Исследование проводили на второй паре, так как на второй и третьей парах отмечается максимальная работоспособность студентов [13]. Запись фотоплетизмограммы испытуемых осуществляли в положении сидя в расслабленном состоянии, с закрытыми глазами путем наложения аппарата на дистальную фалангу указательного пальца, время записи – 5 минут. Прибор регистрирует вариабельность сердечного ритма и использует ее для расчета показателя индекса стресса (индекс Баевского), а программное обеспечение позволяет визуализировать индекс стресса при помощи диаграммы, на которой по оси ординат откладывается количество ударов (с определенной частотой), а по оси абсцисс – длительность пульсовой волны.

Компонентный состав ЭМ определяли методом газовой хромато-масс-спектрометрии с использованием аппаратно-программного комплекса на базе хроматографа «Хроматэк-Кристалл 5000.2», оснащённого масс-спектрометрическим детектором. В составе ЭМ гвоздичного дерева доминирует эвгенол (82,21 %). В значительно меньших количествах присутствуют эвгенол ацетат (9,47 %), кариофилен (3,07 %) и d-лимонен (2,60 %), кариофилен оксид (1,06 %) Доля остальных компонентов – менее 1 %.

В процессе аромавоздействия шло занятие с испарением в атмосферу учебного помещения ЭМ гвоздичного дерева в концентрации  $1 \text{ мг/м}^3$ . Испарение осуществляли током теплого воздуха (около  $40^{\circ}\text{C}$ ) с подложки, на которую наносили ЭМ соответственно объему помещения. Длительность аромавоздействия во время учебного занятия составляла 60 минут.

Уровень умственной работоспособности определяли с помощью корректурных буквенных таблиц В. Я. Анфимова [14]. Статистическую обработку полученных до и после аромавоздействия данных осуществляли при помощи парного t-критерия Стьюдента для зависимых совокупностей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным результатам были обнаружены определенные отличия по исследуемым показателям, полученным до и после аромавоздействия. В частности, оценка показателей гемодинамики позволила установить в обследованной группе девушек соответствие средних величин возрастным физиологическим нормам, вместе с тем у четырех из них (11 %) была установлена склонность к артериальной

гипертензии, так как в покое показатели артериального давления превышали норму (САД =  $149 \pm 5,26$ ; ДАД =  $104 \pm 6,45$ ; ЧСС =  $89 \pm 4,09$ ). У пятерых обследованных девушек (13 %) выявлена тахикардия (ЧСС =  $100 \pm 6,78$ ). В свою очередь, у семерых студенток (20 %) была выявлена гипотония (САД =  $92 \pm 9,26$ ; ДАД =  $65 \pm 5,32$ ; ЧСС =  $73 \pm 6,74$ ). Таким образом, у половины обследованных девушек были обнаружены определенные изменения функционирования ССС, одной из причин которых может быть утомление, вызванное учебными нагрузками. В этой связи были проанализированы результаты анализа уровня индекса стресса (ИС). Было установлено, что в обследуемой группе девушек показатели ИС варьировали от 20 до 578 (рис. 1).

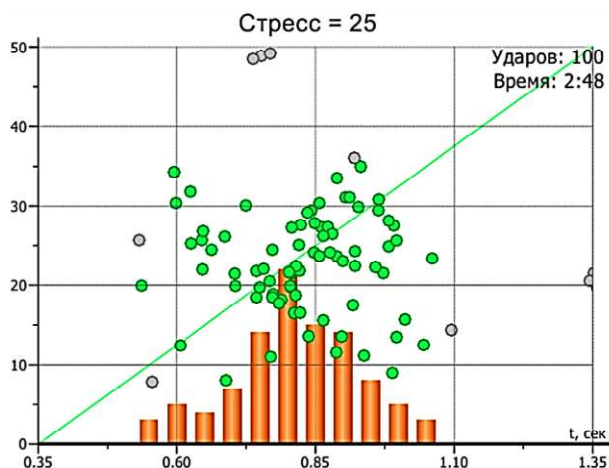


Рис. 1. Диаграмма индекса стресса (ИС = 25) у обследованной студентки (ось абсцисс – длительность сердечного цикла, с; ось ординат – количество сердечных циклов, попадающих в определенный временной интервал).

Известно [12], что низкие значения ИС (ИС < 50), также как и высокие, могут свидетельствовать о изменениях в работе ССС и нарушении регуляторных механизмов вегетативной нервной системы. Низкие показатели ИС были оказались характерными для 9 % девушек. Более высокие показатели ИС (150 – 400), которые были обнаружены у 27 % обследованных могут свидетельствовать о хронической усталости или психоэмоциональном стрессе (рис. 2).

Более высокие показатели ИС свидетельствует о нарушении регуляторных функций [12], показатели ИС > 400 были выявлены у 22 % девушек, в их число входили студентки со склонностью к артериальной гипертензии и тахикардии (рис. 3).

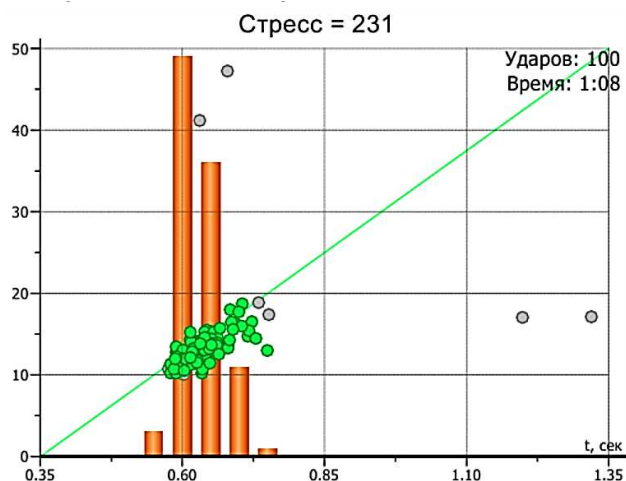


Рис. 2. Диаграмма индекса стресса (ИС = 231) у обследованной студентки.

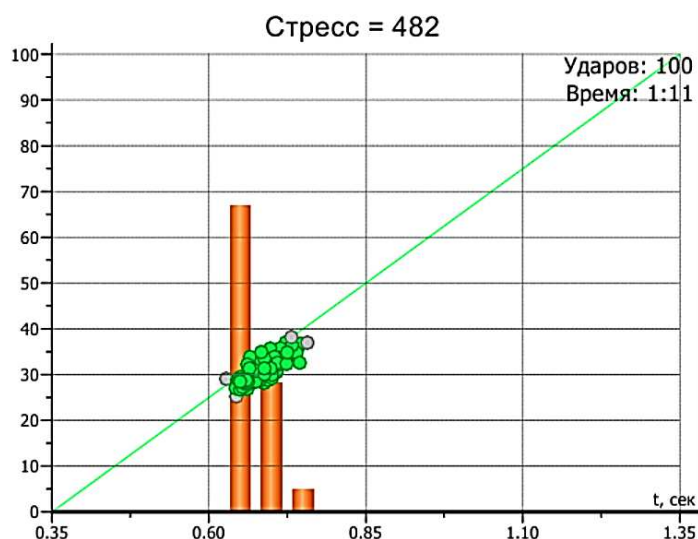


Рис. 3. Диаграмма индекса стресса (ИС = 482) у обследованной студентки.

После аромавоздействия были обнаружены статистически значимые ( $p < 0,05$ ) отличия по показателям ССС, в частности у 11 девушек (32 %) со склонностью к артериальной гипертензии было зарегистрировано снижение показателей САД и ДАД близкое к физиологической норме (САД =  $128 \pm 3,68$ ; ДАД =  $81 \pm 5,08$ ; ЧСС =  $79 \pm 8,18$ ). Аналогичная тенденция при вдыхании малых концентрация ЭМ гвоздичного дерева была обнаружена в группе девушек с тахикардией – у 25 % ( $p < 0,05$ ) стабилизировалась ЧСС. Таким образом, полученные данные согласуются

с литературными о том, что аромавоздействие ЭМ гвоздичного дерева оказывают нормализующее влияние на ССС [7]. Возможно, это обусловлено влиянием компонентов ЭМ гвоздичного дерева на вегетативную нервную систему, обеспечивающую регуляцию сердечно-сосудистой деятельности. Наше предположение согласуется с литературными данными, согласно которым ЭМ являются средствами коррекции функциональных расстройств ЦНС [9]. Согласно данным Liu В. В. с соавторами [15] компоненты ЭМ гвоздичного дерева обеспечивают активацию синтеза в гиппокампе мозгового нейротрофического фактора, способствующего стабилизации психоэмоционального состояния, а также умственной работоспособности. В этой связи была проведена оценка работоспособности обследованных девушек на протяжении занятия с использованием аромавоздействия. В проведенном исследовании были установлены достоверные различия по показателям умственной работоспособности обследованных девушек (табл. 1).

Таблица 1.

**Влияние ЭМ гвоздичного дерева на умственную работоспособность обучающихся во время учебного занятия при 60-ти минутной экспозиции (по показателям корректурной пробы В. Я. Анфимова)**

Показатель	До	После
Коэффициент точности выполнения задания, А	0,93±0,07	0,95±0,06
Коэффициент умственной продуктивности, Р	112,93±5,13	180,14±7,77*
Объем зрительной информации, Q	422,26±5,89	435,89±6,74*
Количество допущенных ошибок, n	7,50±0,51	8,09±0,26*
Скорость переработки информации S, мин	2,79±0,13	2,82±0,22
Устойчивость внимания	179,21±12,8	185,24±10,12*

*Примечание:* \* – достоверность различий данных до и после воздействия ( $p < 0,05$ ).

Согласно полученным данным, выявлено положительное влияние ЭМ гвоздичного дерева на стимуляцию умственной работоспособности в обследованной группе студенток. В частности, в процессе аромавоздействия отмечалось статистически значимое ( $p < 0,05$ ) увеличение объема зрительной информации и коэффициента зрительной продуктивности, что способствовало стимуляции концентрации внимания. Вместе с тем такие параметры как коэффициент точности выполнения заданий и скорость переработки информации на протяжении учебного задания при 60-ной экспозиции ЭМ статистически значимых отличий не имели. Возможно, это явилось причиной увеличения числа допущенных ошибок на 7,3 %. На наш взгляд достижение более высокого и значимого результата можно достичь при регулярном использовании ЭМ. В частности, в своем обзоре Шавловская О. А. [9] отмечает о высокой эффективности натуральных ЭМ ряда растений (мята перечная, эвкалипт, гвоздика, кориандр) при регулярном



применении для профилактики ряда заболеваний и благоприятном влиянии на ряд систем организма (дыхательную, пищеварительную, иммунную, нервную).

Таким образом, воздействие во время занятия эфирного масла гвоздичного дерева в концентрации  $1 \text{ мг/м}^3$  оказало положительное влияние на нервную систему обследованных девушек, что подтверждается стимуляцией умственной работоспособности.

На завершающем этапе исследования были проанализированы фации кристаллограмм обследованных девушек. Были выявлены определенные внутригрупповые отличия морфотипов, причем характер кристаллизации коррелировал с состоянием ССС. В частности, у девушек с нормальными показателями гемодинамики была обнаружена довольно однородная зона кристаллизации, с четким рисунком и выраженным ветвлением дендритов на протяженности всей площади фации, что соответствовало 4–5 баллам (рис. 4). Правда следует отметить, что кристаллограмм, оцененных в 5 баллов было всего две (5,71%). У 33% девушек кристаллограммы были оценены в 4 балла. У остальных – варьировали от 0 до 3 баллов. Средний балл кристаллограмм составил  $3,26 \pm 0,22$ .



Рис. 4. Кристаллограмма обучающейся с выраженной кристаллизацией.

Таким образом, стрессовые нагрузки, приводящие к напряжению адаптации, отражаются на регуляторных функциях ЦНС, что в свою очередь сопровождается изменениями в функционировании ССС, а также в работе слюнных желез, которая контролируется вегетативной нервной системой, что проявляется в изменениях показателей гемодинамики и нарушениях кристаллообразования. После однократного воздействия ЭИ гвоздичного дерева в концентрации  $1 \text{ мг/м}^3$ , были обнаружены позитивные сдвиги в процессах кристаллообразования. Данная тенденция была характерной для 29% обследованных девушек, о чем свидетельствует улучшение морфотипов изученных кристаллограмм (рис. 5).

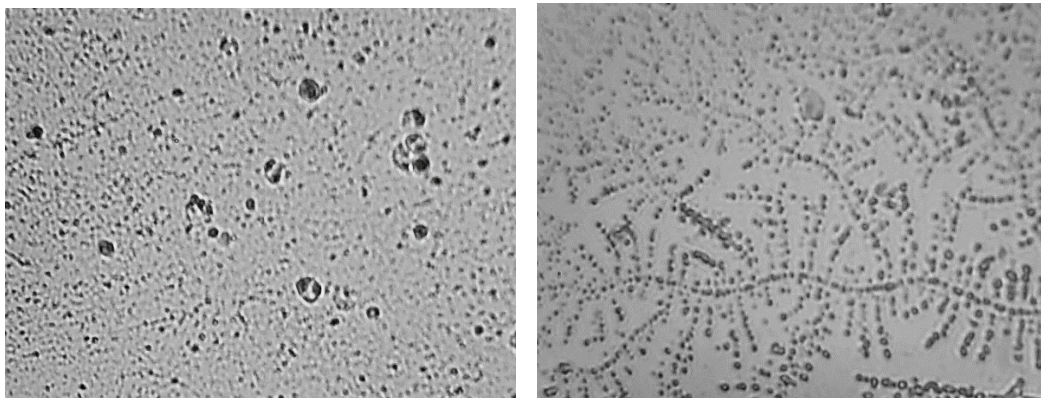


Рис. 5. Кристаллограммы обучающейся до (слева, 0 баллов) и после (справа, 1 балл) аромовоздействия эфирным маслом гвоздичного дерева (в концентрации  $1 \text{ мг/м}^3$ , время воздействия – 60 минут).

Согласно данным, представленным на рис. 5 в фации, полученной до исследования, полностью отсутствовали кристаллы, в поле зрения были обнаружены многочисленные аморфные образования с различными включениями. После воздействия ЭМ гвоздичного дерева в фации были выявлены отдельные кристаллы, что свидетельствует о положительном влиянии ЭМ на ВНС.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведено исследование влияния эфирного масла гвоздичного дерева (*Syzygium aromaticum*) в низкой концентрации  $1 \text{ мг/м}^3$  при 60-ти минутной экспозиции на регуляторные механизмы нервной системы по ряду физиологических (гемодинамические показатели, активности слюнных желез) и психологических показателей (индекс стресса, работоспособность обучающихся на протяжении учебного занятия).
2. У половины обследованных студенток были обнаружены определенные изменения функционирования ССС и выявлены внутригрупповые различия у обследуемых девушек по гемодинамическим показателям. В частности, у 12 % студенток была обнаружена склонность к артериальной гипертензии (САД =  $149 \pm 5,26$ ; ДАД =  $104 \pm 6,45$ ; ЧСС =  $89 \pm 4,09$ ), у 13 % – тахикардия (ЧСС =  $100 \pm 6,78$ ), у 20 % – гипотония (САД =  $92 \pm 9,26$ ; ДАД =  $65 \pm 5,32$ ; ЧСС =  $73 \pm 6,74$ ). Высказано предположение, что одной из причин изменения параметров функционирования сердечно-сосудистой системы может являться стресс, обусловленный учебными нагрузками.
3. Было установлено, что в обследуемой группе девушек показатели ИС варьировали от 20 до 578 (норма 50 – 150). Низкие значения ИС (ИС < 50, 9 % обучающихся), также как и высокие (ИС = 150–400, 27 % обследованных), могут свидетельствовать о изменениях в работе ССС и нарушении регуляторных механизмов вегетативной нервной системы. Показатели ИС > 400

- свидетельствующие о нарушении регуляторных функций или наличии заболеваний сердечно-сосудистой системы, были выявлены у 22 % девушек, в их число входили студентки со склонностью к артериальной гипертензии и тахикардии.
4. Сравнительная оценка работоспособности обследованной группы студенток до и после воздействия эфирного масла *Syzygium aromaticum* позволила выявить положительное влияние, проявляющееся в статистически значимом ( $p < 0,05$ ) увеличении объема зрительной информации и коэффициента зрительной продуктивности, способствующих стимуляции концентрации внимания. Однако коэффициент точности выполнения заданий и скорость переработки информации на протяжении учебного задания при влиянии ЭМ статистически значимых отличий не имели.
  5. Сальводианалитика функционального состояния обследованных студенток позволила получить удовлетворительные результаты, так как средний балл кристаллограмм составил  $3,26 \pm 0,22$ . У 39 % девушек кристаллограммы отличались четким равномерным расположением кристаллов по всей площади с выраженным ветвлением. Морфотипы остальных характеризовались нарушением кристаллогенеза. В процессе аромавоздействия у 29 % студенток отмечалось улучшение морфотипов кристаллограмм. Что свидетельствует о положительном влиянии эфирного масла *Syzygium aromaticum* на вегетативную нервную систему.

#### Список литературы

1. Ярош А. М. Эфирные масла и их влияние на высшую нервную деятельность человека / Под общей редакцией доктора медицинских наук А. М. Яроша // Сборник научных трудов ГНБС. – 2015. – Том 141. – Ялта: Государственный Никитский ботанический сад, 2015. – 150 с.
2. Cuijpers P. Is psychotherapy for depression equally effective in younger and older adults? A metaregression analysis / P. Cuijpers, A. van Straten, F. Smit, G. Andersson // Int. Psychogeriatr. – 2009. – Vol. 21. – P. 1–16.
3. Sousa P. J. Antinociceptive effects of the essential oil of *Mentha xvillosa* leaf and its major constituent piperitenone oxide in mice / P. J. Sousa, C. F. Linard, D. Azevedo-Batista // Brazilian Journal of Medical and Biological Research. – 2009. – Vol. 42 (7). – P. 655–659.
4. Takahashi M. Anxiolytic-like Effect of Inhalation of Essential Oil from *Lavandula officinalis*: Investigation of Changes in 5-HT Turnover and Involvement of Olfactory Stimulation / M. Takahashi, A. Yamanaka, C. Asanuma // Natural Product Communications. – 2014. – Vol. 9 (7). – P. 1023–1026.
5. Ярош А. М. Влияние эфирного масла гвоздичного дерева на психоэмоциональное состояние и умственную работоспособность обучающихся / А. М. Ярош, Э. Э. Ибрагимова, В. В. Тонковцева, Е. С. Коваль, Т. Р. Бекмамбетов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского Биология. Химия. – 2018. – Том 4 (70), № 4. – С. 292–301.
6. Бекмамбетов Т. Р. Влияние дыхания эфирным маслом гвоздичного дерева в разных концентрациях на психофизиологическое состояние людей при физической нагрузке / Т. Р. Бекмамбетов, В. В. Тонковцева, Н. И. Литвинчук, А. М. Ярош // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2015. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dyhaniya-efirnym-maslom-gvozdichnogo-dereva-v-raznyh-kontsentratsiyah-na-psihofiziologicheskoe-sostoyanie-lyudey-pri-viewer>.
7. Ярош А. М. Влияние эфирного масла гвоздичного дерева на функции сердечно-сосудистой системы у пожилых людей в зависимости от ее исходного состояния / А. М. Ярош, И. А. Батура,

- В. В. Тонковцева, Т. Р. Бекмамбетов, Е. В. Наговская, В. В. Беззубчак, Е. С. Коваль, И. А. Федотова // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2020. – № 154. – С. 90–105.
8. Ярош А. М. Влияние эфирных масел растений на психоэмоциональное состояние человека / А. М. Ярош, В. В. Тонковцева, П. Е. Григорьев, И. А. Батура, Е. С. Коваль, Е. В. Наговская // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2021. – № 161. – С. 93–102.
  9. Шавловская О. А. Спектр применения эфирных масел в современной медицине на примере бальзама Золотая звезда / О. А. Шавловская // Лечащий врач. – 2016. – № 10. – С. 16–19.
  10. Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultpharma.ru/index.php/ru/documents/clinstudy/486-helsinskaya-declaraciya?showall=1>.
  11. Бельская Л. В. Экспериментальное исследование кристаллизации биологических жидкостей / Л. В. Бельская, О. А. Голованова, Е. С. Шукайло, В. Г. Турманидзе // Вестник ОНЗ РАН. – Т. 3. – 2011. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://onznews.wdcb.ru/publications/v03/asempg11ru/2011NZ000142R.pdf>.
  12. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. И. Кириллов, С. З. Клещкин. – М.: Наука, 1984. – 221 с.
  13. Шеметова Е. Г. Динамика работоспособности студентов вуза в процессе обучения / Е. Г. Шеметова, Е. Л. Мальгин // Филологические науки. Вопросы теории и практики. – 2017. – № 2 (68): в 2-х ч. – Ч. 1. – С. 215–218.
  14. Пратусевич Ю. М. Определение работоспособности учащихся / Ю. М. Пратусевич. – Москва: Медицина, 1985. – 128 с.
  15. Liu B. V. Essential oil of *Syzygium aromaticum* reverses the deficits of stress-induced behaviors and hippocampal p-ERK/p-CREB/brain-derived neurotrophic factor expression / Liu B. V., Luo L., Liu X. L., Geng D., Li C. F., Chen S. M., Chen X. M., Yi L. T., Liu Q. // *Planta Med.* – 2015. – Vol. 81, № 3. – P. 185–192.

## INFLUENCE OF CLOVE ESSENTIAL OIL ON THE NERVOUS REGULATION OF FUNCTIONS IN STUDENTS

*Ibragimova E. E.<sup>1</sup>, Tonkovtseva V. V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Republic of Crimea “Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov”, Simferopol, Russia*

<sup>2</sup>*Federal State Funded Institution of Science “The Labour Red Banner Order Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Yalta, Republic of the Crimea, Russia  
E-mail: evelina\_biol@mail.ru*

The article presents research data on the assessment of the impact of clove tree (*Syzygium aromaticum*) essential oil on the regulatory functions of the central nervous system based on a series of psychophysiological indicators (hemodynamic parameters, stress index levels, mental performance, and salivary crystallization mechanisms) in female students. The influence of clove tree essential oil was evaluated in female students during educational activities. It was found that clove tree essential oil had a positive impact on the psychophysiological status of the examined female students, resulting in an improvement in their psychoemotional well-being and cognitive performance. "Half of the surveyed female students exhibited specific changes in the functioning of the cardiovascular system, and intragroup differences in hemodynamic parameters were identified among the examined girls. In particular, 12 % of the students showed a

predisposition to arterial hypertension, 13 % had tachycardia, and 20 % had hypotension. It has been suggested that one of the reasons for these changes in cardiovascular system functioning may be stress induced by academic workload. This assumption is supported by the assessment of the stress index, which revealed that in the examined group of girls, stress index values ranged from 20 to 578 (normal range is 50-150). Low values of the stress index (SI < 50, 9 % of students), as well as high values (SI = 150–400, 27 % of those surveyed), can indicate changes in the functioning of the cardiovascular system and disturbances in the regulatory mechanisms of the autonomic nervous system. SI values exceeding 400, indicative of disturbances in regulatory functions or the presence of cardiovascular diseases, were found in 22 % of the female students, including those with a predisposition to arterial hypertension and tachycardia.

A comparative assessment of the performance of the surveyed group of female students before and after exposure to *Syzygium aromaticum* essential oil revealed a positive impact, evidenced by a statistically significant ( $p < 0.05$ ) increase in the volume of visual information and the visual productivity coefficient, contributing to the stimulation of attention concentration. However, there were no statistically significant differences in the accuracy of task performance and the speed of information processing throughout the learning task under the influence of the essential oil.

Salivodiagnosics of the functional state of examined female students allowed for satisfactory results, as the average crystalligram score was  $3,26 \pm 0,22$ . In 39 % of the girls, the crystalligrams exhibited a clear and uniform distribution of crystals over the entire area with pronounced branching. The morphotypes of the remaining individuals were characterized by disruptions in crystallogenesis. During the aromatherapy exposure, 29 % of the students showed an improvement in their crystalligram morphotypes, indicating a positive influence of *Syzygium aromaticum* essential oil on the autonomic nervous system.

**Keywords:** essential oil, clove tree, learners, mental productivity, psychoemotional state.

### References

1. Yarosh A. M. Essential oils and their influence on human higher nervous activity, *Collection of Scientific works of the State Nikitsky Botanical Garden*, 141, 150 p. (Yalta, 2015).
2. Cuijpers P., van Straten A., Smit F., Andersson G. Is psychotherapy for depression equally effective in younger and older adults? A meta-regression analysis, *Int. Psychogeriatr*, **21**, 1 (2006).
3. Sousa P.J., Linard C.F., Azevedo-Batista D. Antinociceptive effects of the essential oil of *Mentha xvillosa* leaf and its major constituent piperitenone oxide in mice, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, **42** (7), 655 (2009).
4. Takahashi M., Yamanaka A., Asanuma C. Anxiolytic-like Effect of Inhalation of Essential Oil from *Lavandula officinalis*: Investigation of Changes in 5-HT Turnover and Involvement of Olfactory Stimulation, *Natural Product Communications*, **9** (7), 1023 (2014).
5. Yarosh A. M., Ibragimova E. E., Tonkovtseva V. V., Koval E. S., Bekmambetov T. R. The influence of clove essential oil on the psycho-emotional state and mental performance of students, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky*, Biology. Chemistry, **4** (70), 4, 292 (2018).
6. Bekmambetov T. R., Tonkovtseva V. V., Litvinchuk N. I., Yarosh A. M. The effect of breathing with clove essential oil in different concentrations on the psychophysiological state of people during physical activity, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dyhaniya-efirnym-maslom-gvozdichnogo-dereva-v-raznyh-kontsentratsiyah-na-psihofiziologicheskoe-sostoyanie-lyudey-pri/viewer>.

7. Yarosh A. M., Batura I. A., Tonkovtseva V.V., Bekmambetov T.R., Nagovskaya E. V., Bezzubchak V. V., Koval E. S., Fedotova I. A. The effect of clove essential oil on the functions of the cardiovascular system in elderly people, depending on its initial state, *Plant biology and gardening: theory, innovations*, 154, 90 (2020).
8. Yarosh A. M., Tonkovtseva V. V., Grigoriev P. E., Batura I. A., Koval E. S., Nagovskaya E. V. The influence of plant essential oils on the psycho-emotional state of a person, *Plant biology and gardening: theory, innovations*, 161, 93 (2021).
9. Shavlovskaya O. A. The spectrum of use of essential oils in modern medicine using the example of Golden Star balm, *Attending physician*, **10**, 16 (2016).
10. Declaration of Helsinki of the World Medical Association, URL: <http://www.consultpharma.ru/index.php/ru/documents/clinstudy/486-helsinskaya-declaraciya?showall=1>.
11. Belskaya L. V., Golovanova O. A., Shukaylo E. S., Turmanidze V. G. Experimental study of crystallization of biological fluids, URL: <http://onznews.wdcb.ru/publications/v03/asempg11ru/2011NZ000142R.pdf>.
12. Baevsky R. M., Kirillov O. I., Klyotskin S. Z. *Mathematical analysis of changes in heart rate under stress*, 221 p. (Moscow, Nauka, 1984).
13. Shemetova E. G., Malgin E. L. Dynamics of performance of university students in the learning process, *metova, Philological sciences. Questions of theory and practice*, **2 (68)**, 215 (2017).
14. Pratushevich Yu. M. *Determination of student performance*, 128 p. (Moscow, Medicine, 1985).
15. Liu B. B., Luo L., Liu X. L., Geng D., Li C. F., Chen S. M., Chen X. M., Yi L.T., Liu Q. Essential oil of *Syzygium aromaticum* reverses the deficits of stress-induced behaviors and hippocampal p-ERK/p-CREB/brain-derived neurotrophic factor expression, *Planta Med*, 81 (3), 185 (2013).

**УДК 612.65**

## **ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО И ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ 10–11 ЛЕТ С МИНИМАЛЬНОЙ МОЗГОВОЙ ДИСФУНКЦИЕЙ (СИНДРОМОМ ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ И ГИПЕРАКТИВНОСТЬЮ)**

*Иконникова Е. А.<sup>1</sup>, Романова А. Н.<sup>2</sup>, Ергольская Н. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ГАОУ ДПО «Калужский государственный институт развития образования» «КГИРО»,  
Калуга, Россия*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского», Калуга, Россия  
E-mail: elena\_ikonhome@mail.ru*

Проведен сравнительный анализ показателей физического и психического развития здоровых школьников и детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью (СДВГ), как одной из форм проявления минимальной мозговой дисфункции (ММД), в возрасте 10–11 лет. Выявлено отсутствие достоверных различий между обследуемыми группами по всем исследованным морфофункциональным показателям. В группе здоровых школьников наблюдались гендерные различия по показателю мышечной силы, в группе детей с СДВГ – по окружности грудной клетки. Обнаружены достоверные различия между обследуемыми группами детей с СДВГ и здоровых детей по показателю концентрации внимания и гендерные различия в группе нормотипичных школьников по скорости умственной деятельности. При этом в группе лиц с СДВГ доля детей с леворукостью статистически значимо превышала их относительное количество среди здоровых школьников.

**Ключевые слова:** младшие школьники, период второго детства, мальчики, девочки, физическое развитие, психическое развитие, минимально мозговая дисфункция (ММД), синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ).

### **ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, фенотип организма формируется при тесном взаимодействии генотипа и среды. Психика личности, как составляющая часть фенотипа, является производной биологического начала, развертывание генетической программы которого корректируется факторами среды различной физической, химической, биологической, социальной природы. Так, например, показано влияние на развитие ребенка эколого-климатической ситуации, социально-экономических условий проживания и других факторов [1]. На учащихся большое воздействие оказывают факторы внутришкольной среды: интенсификация учебного процесса, активное использование ИКТ-технологий, условия в классных помещениях (температура, относительная влажность, угарный газ, диоксид азота) [2]. Очевидно, что биологическая телесность является базой для реализации психики, поэтому физическое и психическое развитие неразрывно связаны друг с другом. Любое средовое изменение, являющееся негативным для структурно-функциональной целостности, оказывается повреждающим в различной степени, в том числе и для

психики. Определяющую роль в изменениях здоровья детей играют четыре группы факторов: генотип популяции, образ жизни, социальные факторы и состояние окружающей среды. Важное значение для коррекции функционального состояния всех школьников и укрепления их здоровья имеют здоровое питание, организация оптимальной суточной двигательной активности, режим дня и др. [3].

Физическое развитие является одним из основных критериев здоровья человека. В статьях сборника материалов под редакцией акад. РАН и РАМН А. А. Баранова и члена-корр. РАМН В. Б. Кучмы [4] отражено состояние физического развития детей и подростков РФ разных регионов страны. За последние десятилетия произошли существенные изменения в физическом развитии детей и подростков [1], что требует дальнейшего проведения антропометрических исследований для выявления особенностей роста и развития детей.

Важно понимать, каким образом взаимосвязаны физическое и психическое развитие для оценки динамики его изменений, прогноза дальнейшего развития человека, анализа причин снижения успеваемости учащихся и отбора необходимых инструментов коррекционно-развивающей работы в образовательных учреждениях.

Среди младших школьников наиболее распространенными на современном этапе являются нарушения остроты зрения, проявления скелетно-мышечной патологии, а также нервно-психические расстройства [5]. В условиях систематического обучения в школе дети начинают испытывать большие эмоциональные и физические перегрузки. В то же время выявляются дети с минимально-мозговыми дисфункциями (ММД), возникающие в результате легких перинатальных поражений центральной нервной системы. Наиболее распространенной мозговой дисфункцией является синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ). В последнее время наблюдается рост численности таких детей [6–8]. На фоне незначительных отклонений в работе мозга у них наблюдаются трудности в адаптации и в процессе освоения школьной программы, нарушения поведения, неврозы и неврозоподобные состояния. Эти дети относятся к группе высокого медико-социального риска и нуждаются в своевременной коррекционной помощи [7].

В настоящее время недостаточно внимания уделяется изучению нарушений развития, физического состояния детей с ММД (СДВГ), во многом определяющих методы коррекции имеющихся нарушений.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Целью настоящего исследования явилось изучение особенностей физического и психического развития условно здоровых младших школьников в сравнении с детьми, имеющими минимально-мозговую дисфункцию (ММД), (в частности, СДВГ).

Согласно периодизации постнатального развития человека [9], все обследованные дети относятся к одной возрастной группе второго детства (у мальчиков в возрасте от 8 до 12 лет, а у девочек – 8–11 лет). Это учащиеся 4-х классов средней общеобразовательной школы города Калуги.



Всего было обследовано 108 человек, среди них было 53 мальчика и 55 девочек в возрасте от 10 до 11 лет. Из этой выборки были выделено 85 детей (41 мальчик и 44 девочки) с нормальными значениями по критериям «концентрация внимания» и «скорость умственной деятельности» по результатам теста Тулуз-Пьерона (контрольная группа), и 13 детей (8 мальчиков и 5 девочек) с установленным неврологом и подтвержденным результатами теста Тулуз-Пьерона диагнозом ММД (СДВГ) (экспериментальная группа). В обследованную группу детей входили преимущественно лица русской национальности (91,7 %). Также среди всех обследуемых были дети с леворукостью (13 человек).

Материал собран с соблюдением правил биоэтики (были получены согласия родителей на обследование их детей). Антропометрическое и физиометрическое обследование проводилось по стандартной методике [10]. Для оценки физического развития измерялись антропометрические показатели: длина тела (ДТ), масса тела (МТ), окружность грудной клетки (ОГК), окружность головы (ОГ). Массу тела (МТ) измеряли с помощью напольных медицинских весов, длину тела (ДТ) – с помощью ростомера, окружность грудной клетки (ОГК) и окружность головы (ОГ) – с помощью сантиметровой ленты. На основе измеренных показателей длины и массы тела вычисляли индекс массы тела (ИМТ) по формуле Кетле:  $I=m/h^2$ , где I – ИМТ; m – масса тела, кг; h – длина тела, м.

Были изучены следующие физиометрические показатели: жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ), мышечная сила ведущей руки (МС), диастолическое (ДАД) и систолическое артериальное давление (САД). Мышечную силу (МС) измеряли с помощью ручного динамометра, жизненную ёмкость лёгких (ЖЕЛ) – с помощью воздушного спирометра, артериальное давление (САД и ДАД) измеряли тонометром.

Для оценки отдельных показателей психического развития (концентрации внимания и скорости умственной деятельности) использовался тест Тулуз-Пьерона [11]. Этот тест является инструментом косвенного выявления минимально мозговой дисфункции (в частности, синдрома дефицита внимания и гиперактивности – СДВГ).

Математическая обработка полученных данных проводилась с помощью стандартного пакета статистических программ Statistica 10.

Для каждого изучаемого показателя, вычислялись среднее арифметическое значение (M) и ее ошибка (m). Различия средних показателей считались достоверными при  $p<0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Антропометрические показатели физического развития обследуемых детей представлены в таблицах 1, 2.

Результаты проведенных исследований (табл. 1) показали, что генетически обусловленный признак физического развития ДТ детей 10-11 лет контрольной и экспериментальной групп соответствует региональным возрастным-половым нормативам [1], согласно которым ДТ у девочек варьирует от 134,1 до 153,3 см, у мальчиков – от 135,2 до 151,8 см.

При этом статистически значимых различий между обследуемыми группами нормотипичных мальчиков, девочек и соответствующих возрастно-половых групп детей с СДВГ отмечено не было. Также не было выявлено достоверных половых различий по данному признаку в группах детей здоровых и с СДВГ (табл. 1).

Различий по МТ и ИМТ между группами мальчиков и девочек, как нормотипичных, так и с ММД, в ходе нашего исследования также не было выявлено (табл. 1). Средние значения МТ и у здоровых, и у школьников с ММД разного пола согласуются с данными, приведенными Кучмой В. Р. по детям г. Москвы и Московской области [4].

В работе других авторов по исследованию тюменских детей (здоровых и с СДВГ) были выявлены межполовые различия МТ только у здоровых школьников: МТ девочек была больше МТ мальчиков, что связывают с начинающимися в этом возрасте более ранними эндокринными перестройками женского организма по сравнению с мужским. У детей с СДВГ гендерных различий выявлено не было, что может быть связано с их функциональной незрелостью [6].

**Таблица 1**

**Антропометрические показатели физического развития обследуемых детей 10–11 лет**

№	Группа	Пол	ДТ, см		МТ, кг		ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	
			М±m	*	М±m	*	М±m	*
1	СДВГ	♂	143,6±1,6		43,7±3,2		21,1±1,2	
2		♀	144,0±0,0		39,6±0,9		19,2±0,9	
3	N	♂	140,6±0,6		38,9±0,6		19,6±0,2	
4		♀	140,5±0,6		39,3±0,9		19,8±0,3	

*Примечание:* здесь и в следующих таблицах \* – достоверность различий при  $p < 0,05$ , цифры в скобках – номера сравниваемых групп, ♂ – мальчики, ♀ – девочки, М – средняя арифметическая величина, m – ошибка средней арифметической, N – контрольная группа, СДВГ – экспериментальная группа, ДТ – длина тела, МТ – масса тела, ИМТ – индекс массы тела.

Показатели ОГК у детей с СДВГ (ММД) статистически значимо различались по полу и соответствовали величинам показателей среднего уровня физического развития мальчиков и девочек [4]. У здоровых детей не было отмечено межполовых различий по данному признаку. Между экспериментальной и контрольной группами детей каждого пола не было выявлено достоверных различий по показателям ОГК (табл. 2).

Показатели ОГ детей с СДВГ и здоровых детей каждого пола не различались и соответствовали средним показателям [4]. Гендерных различий в экспериментальной и контрольной группах также выявлено не было (табл. 2).

Таким образом, анализ основных антропометрических показателей физического развития – ДТ, МТ, ИМТ, ОГ у школьников 10–11 лет с ММД и у здоровых детей не обнаружил статистически значимых различий по полу. Гендерные различия выявлены только у детей с ММД (СДВГ) по показателям ОГК.

При этом все исследуемые антропометрические показатели статистически значимо не различались у детей экспериментальной и контрольной групп.

**Таблица 2**

**Антропометрические показатели физического развития обследуемых детей  
10–11 лет**

№	Группа	Пол	ОГК, см		ОГ, см	
			M±m	*	M±m	*
1	СДВГ	♂	77,9±3,1	*(1,2)	54,5±0,5	
2		♀	66,0±1,3	*(1,2)	53,0±0,8	
3	N	♂	71,5±1,0		53,6±0,2	
4		♀	69,4±1,0		53,9±0,2	

*Примечание:* ОГК – окружность грудной клетки, ОГ – окружность головы.

Результаты сравнительного анализа физиометрических показателей физического развития у обследуемых детей представлены в таблице 3.

**Таблица 3**

**Физиометрические показатели физического развития обследуемых  
детей 10–11 лет**

№	Группа	Пол	САД, мм.рт.ст.		ДАД, мм.рт.ст.		МС, кг		ЖЕЛ, л	
			M±m	*	M±m	*	M±m	*	M±m	*
1	СДВГ	♂	97,50±3,13		67,50±3,27		15,25±1,59		2,14±0,11	
2		♀	96,00±4,00		68,00±3,39		15,00±0,55		2,20±0,13	
3	N	♂	101,46±1,42		69,02±1,21		15,24±0,46	*(3,4)	2,03±0,05	
4		♀	100,57±1,36		68,63±1,06		13,77±0,42	*(3,4)	2,03±0,05	

*Примечание:* ДАД – диастолическое артериальное давление, САД – систолическое артериальное давление; МС – мышечная сила кисти ведущей руки; ЖЕЛ – жизненная емкость легких.

Согласно полученным данным, значения всех исследуемых физиометрических показателей мальчиков и девочек с СДВГ статистически значимо не отличались от показателей соответствующих возрастно-половых групп здоровых детей (табл. 3).

Так, по показателю САД и ДАД достоверных различий у детей контрольной и экспериментальной групп выявлено не было. Гендерных различий в каждой из указанных групп также не обнаружено (табл. 3). Средние уровни САД и ДАД во всех случаях были  $\geq 10$ -го и  $< 90$ -го перцентилей кривой распределения АД в популяции для данного возраста, пола и роста, что соответствовало нормальному давлению [12].

В ходе исследования тюменских детей [6] было выявлено, что уровень САД у мальчиков с СДВГ был выше ( $p < 0,05$ ), чем в контроле. При этом между девочками с

СДВГ и в контрольной группе значимых различий по САД не было выявлено. Разницы по уровню САД и ДАД в зависимости от половой принадлежности тоже не установлено [6].

По показателю «мышечная сила» были выявлены достоверные гендерные различия в группе здоровых детей (табл. 3). Мышечная сила (МС) ведущей руки была выше у нормотипичных мальчиков, чем у нормотипичных девочек. У детей с ММД таких различий не наблюдалось. Статистически значимых различий по этому показателю между здоровыми детьми и школьниками с ММД соответствующего пола отмечено не было. Во всех случаях МС детей экспериментальной и контрольной групп соответствовала возрастной норме для каждого пола по данным исследования Кучмы В.Р. [1].

По показателю ЖЕЛ не было выявлено статистически значимых как гендерных различий, так и различий между контрольной и экспериментальной группами обоих полов. Во всех группах обследованных мальчиков и девочек значения ЖЕЛ соответствовали средним значениям этих показателей у школьников с учетом пола [13].

Результаты исследования показателей психического развития детей с СДВГ и нормотипичных школьников представлены в таблице 4.

У здоровых детей выявлены достоверные гендерные различия по показателю скорости умственной деятельности (табл. 4). Значение данного показателя у здоровых мальчиков было выше, чем у здоровых девочек. Вместе с тем, у детей с ММД половых различий по данному признаку не наблюдалось.

Статистически значимые различия показателя концентрации внимания были отмечены между группами девочек с ММД и здоровых девочек: концентрация внимания у здоровых девочек была выше, чем у девочек с ММД (табл. 4).

**Таблица 4**  
**Показатели психического развития детей с ММД (СДВГ) 10–11 лет**

№	Группа	Пол	Концентрация внимания		Скорость умственной деятельности	
			M±m	*	M±m	*
1	СДВГ	♂	0,89±0,01	*(1,3)	33,91±3,10	
2		♀	0,83±0,04	*(2,4)	34,38±3,39	
3	N	♂	0,96±0,002	*(1,3)	40,77±1,43	*(3,4)
4		♀	0,96±0,003	*(2,4)	35,42±1,04	*(3,4)

Аналогичные различия были выявлены между мальчиками с ММД и мальчиками с нормальным развитием (табл. 4). У здоровых мальчиков концентрация внимания была выше, чем у мальчиков с СДВГ (что соответствует поставленному диагнозу). При этом достоверных гендерных различий по показателю концентрации внимания в экспериментальной и контрольной группах отмечено не было (табл. 4). Данные факты могут быть косвенным подтверждением функциональной незрелости головного мозга детей с ММД (СДВГ) обоих полов.

В исследуемой группе здоровых детей процент школьников с леворукостью был равен  $9,4 \pm 3,1$ , в то время как в группе детей с ММД (СДВГ) их относительное количество оказалось более чем в 3 раза выше и составило  $30,8 \pm 12,8$  процентов. Различия по данному признаку между экспериментальной и контрольной группами, оцененные по критерию  $\chi^2$ , были достоверны ( $p < 0,05$ ).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Уровень физического развития детей 10–11 лет с СДВГ в целом соответствует уровню физического развития здоровых детей.
2. Не было выявлено статистически значимых различий между группами условно здоровых детей и детей с СДВГ по показателям ДТ, МТ, ИМТ, ОГ, ЖЕЛ, МС, САД, ДАД.
3. Выявлены достоверные гендерные различия (во всех случаях показатели выше у мальчиков) по ОГК – у школьников с СДВГ (ММД), по МС и скорости умственной деятельности – в группе здоровых детей.
4. Уровень концентрации внимания статистически значимо выше у здоровых детей по сравнению с детьми с ММД (СДВГ) соответствующего пола.
5. В группе лиц с СДВГ доля детей с леворукостью статистически значимо превышала их относительное количество среди здоровых школьников.

#### Список литературы

1. Кучма В. Р. Морфофункциональное развитие современных школьников / В. Р. Кучма [и др.]. – Москва: ГЭОТАР – Медиа, 2018. – 352 с.
2. Чернова Г. В. О взаимосвязи между проявлением признаков физического развития и функционального состояния клеток периферической крови у детей второго детства / Г. В. Чернова, Н. В. Сидоров, Н. В. Ергольская, Е. А. Иконникова [и др.] // Новые исследования. – 2020. – № 3. – С. 47–60.
3. Кучма В. Р. Основы формирования здоровья детей / В. Р. Кучма. – Ростов на Дону: Феникс, 2016. – 315 с.
4. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. Выпуск VII: сборник материалов / под ред. В. Р. Кучма, Н. А. Скоблиной, О. Ю. Милушкиной. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации. – Москва: Литерра, 2019. – 176 с.
5. Статистический сборник – «Здравоохранение в России» [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218>.
6. Гребнева Н. Н. Морфофункциональные показатели детей младшего школьного возраста с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью / Н. Н. Гребнева, Р. И. Канбекова, М. В. Смирнова // Биологические науки. – 2015. – № 5. – С. 149–154.
7. Детская неврология, вып.2: клинические рекомендации / [Гузеева В. И. и др.]. – Москва: МК, 2014. – 304 с.
8. Заваденко Н. Н. Нарушения развития и когнитивные дисфункции у детей с заболеваниями нервной системы / Н. Н. Заваденко, С. А. Немкова. – Москва: МК, 2017. – 360 с.
9. Безруких М. М. Возрастная физиология: (Физиология развития ребенка) / М. М. Безруких, В. Д. Сонькин, Д. А. Фарбер – Москва: Издательский центр «Академия». – 2003. – 416 с.
10. Красноперова Н. А. Возрастная анатомия и физиология / Н. А. Красноперова. – Москва: ВЛАДОС, 2012. – 214 с.
11. Ясюкова Л. А. Оптимизация обучения и развития детей с ММД. Диагностика и компенсация минимальных мозговых дисфункций. Методическое руководство. / Ясюкова Л. А. – СПб: ГП «ИМАТОН», 1997. – 80 с.

12. Александров А. А. Клинические рекомендации. Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии у детей и подростков / Александров А. А., Кисляк О. А., Леонтьева И. В. // Системные гипертензии. – 2020. – №17 (2). – С. 7–35.
13. Письмо Минобрнауки России от 30.05.2012 № МД-583/19 «О методических рекомендациях «Медико-педагогический контроль за организацией занятий физической культурой обучающихся с отклонениями в состоянии здоровья» // КонсультантПлюс: справочно-правовая система [Офф. сайт]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 19.08.2023).

## **FEATURES OF PHYSICAL AND MENTAL DEVELOPMENT CHILDREN AGED 10–11 YEARS WITH MINIMAL BRAIN DYSFUNCTION (ATTENTION DEFICIT HYPERACTIVITY DISORDER)**

*Ikonnikova E. A.<sup>1</sup>, Romanova A. N.<sup>2</sup>, Ergolskaya N. V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Kaluga State Institute of Education Development "KGIRO", Kaluga, Russia*

<sup>2</sup>*Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovski, Kaluga, Russia*

*E-mail: elena\_ikonhome@mail.ru*

The purpose of this study was to study the characteristics of the physical and mental development of conditionally healthy primary school children in comparison with children with minimal brain dysfunction (MMD) (in particular, deficit hyperactivity disorder – ADHD).

108 schoolchildren of Kaluga were examined, among them 53 boys and 55 girls aged 10 to 11 years. Among all the subjects there were children with left-handedness. Anthropometric and physiometric examinations were carried out according to the standard methodology. The Toulouse-Pieron test was used to evaluate individual indicators of mental development (concentration of attention and speed of mental activity).

The results of the conducted studies showed the absence of significant differences between the experimental and control groups in all morphofunctional indicators studied. At the same time, their average values in all cases corresponded to regional age-sex standards. In the group of healthy schoolchildren, gender differences were observed in terms of muscle strength, in the group of children with ADHD – in the circumference of the chest.

In healthy children, significant gender differences were revealed in terms of the speed of mental activity. The value of this indicator in healthy boys was higher than in healthy girls. At the same time, there were no sexual differences on this basis in children with MMD.

Statistically significant differences in the concentration index were noted between groups of girls with MMD and healthy girls, boys with MMD and healthy boys: the concentration of attention in healthy children was higher than in schoolchildren with MMD. At the same time, there were no significant gender differences in the concentration of attention in the experimental and control groups.

In the group of people with ADHD, the proportion of children with left-handedness statistically significantly exceeded their relative number among healthy schoolchildren.

Thus, the level of physical development of children aged 10–11 with ADHD generally corresponds to the level of physical development of healthy children. There were gender differences in some characteristics. Statistically significant differences in concentration of attention between groups of children with MMD (ADHD) and healthy children and an increase in the relative number of left-handed children in the experimental group were revealed.

**Keywords:** schoolchildren, second childhood, boys, girls, physical development, psychological development, minimal brain dysfunction (MBD), attention deficit hyperactivity disorder (ADHD).

### References

1. Kuchma V. R. *Morphofunctional development of modern schoolchildren*, 352 p. (Moscow: GEOTAR-Media, 2018). (In Russian).
2. Chernova G. V., Sidorov N. V., Ergolskaya N. V., Ikonnikova E. A. On the relationship between the manifestation of signs of physical development and the functional state of peripheral blood cells in children of second childhood. *New Research*, **3**, 47. (2020).
3. Kuchma V. R. *Fundamentals of the formation of children's health*, 315 p. (Rostov-on-Don: Phoenix, 2016).
4. Kuchma V. R., Skoblina N. A., Milushkina O. Yu. (reds.) *Physical development of children and adolescents of the Russian Federation*. Issue VII: collection of materials. 176 p. (Moscow: Literra, 2019).
5. Statistical collection – "Health in Russia" [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218>.
6. Grebneva N. N., Kanbekova R. I., Smironova M. V. Morphological and functional indicators of children of primary school age with attention deficit hyperactivity disorder. *Biological Sciences*, **5**, 149. (2015).
7. Guzeeva V. I. *Children's neurology*, issue 2: clinical guidelines. 304 p. (Moscow: MK, 2014).
8. Zavadenko N. N., Nemkova S. A., *Developmental disorders and cognitive dysfunctions in children with diseases of the nervous system*. 360 p. (Moscow: MK, 2017).
9. Bezrukikh M. M., Sonkin V. D., Farber D. A. *Age physiology: (Physiology of child development)*. 416 p. (Moscow: Academy Publishing Center. 2003).
10. Krasnoperova N. A. *Age anatomy and physiology*. 214 p. (Moscow: VLADOS, 2012).
11. Yasyukova L. A. *Optimization of learning and development of children with MMD. Diagnosis and compensation of minimal brain dysfunctions. Methodological guide*. 80 p. (St. Petersburg: GP "IMATON", 1997).
12. Aleksandrov A. A., Kisliak O. A., Leontyeva I. V. Clinical guidelines on arterial hypertension diagnosis, treatment and prevention in children and adolescents. *Systemic Hypertension*, **17** (2), 7 (2020).
13. *Letter of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated 30.05.2012 No. MD-583/19 "On methodological recommendations "Medical and pedagogical control over the organization of physical education classes for students with health disabilities"*, ConsultantPlus: reference and legal system [Ofic. website]. URL: <http://www.consultant.ru/> (accessed: 08/19/2023).

**УДК 598.241; 574.9**

## **КЛЮЧЕВЫЕ ТЕРРИТОРИИ КРАСАВКИ (*ANTHROPOIDES VIRGO*) АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ**

***Ильяшенко Е. И.<sup>1</sup>, Кондракова К. Д.<sup>1</sup>, Викельски М.<sup>2</sup>, Цао Лей<sup>3</sup>, Ильяшенко В. Ю.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>*Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, Москва, Россия*

<sup>2</sup>*Институт поведения животных Макса Планка, Радольфцелль, Германия*

<sup>3</sup>*Исследовательский центр по экологии и окружающей среде Китайской Академии наук, Пекин, Китай*

*E-mail: ilyashenkoei@gmail.com*

Полевые исследования и анализ перемещений птенцов и взрослых особей азово-черноморской популяции, помеченных спутниковыми передатчиками, позволил выявить наиболее важные территории в период гнездования и предмиграционных скоплений.

Ключевые места гнездования расположены в заказнике «Осовинская степь» и Караларском ландшафтном парке на Керченском полуострове, Тарханкутском национальном парке на Тарханкутском полуострове и Южном Сиваше.

Важнейшими местами летнего пребывания неполовозрелых особей, а также местами предмиграционных скоплений являются озеро Джарылгач на Тарханкутском полуострове, озера на юге Керченского полуострова и Северный Сиваш в Крыму, а также Маркитанское озеро на Таманском полуострове в Краснодарском крае.

Выявлены основные лимитирующие факторы и предложены меры по сохранению популяции.

**Ключевые слова:** ключевые территории, лимитирующие факторы, охрана.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Красавка (*Anthropoides virgo*, Linnaeus, 1778) – широко распространенный вид, современный гнездовой ареал которой расположен в степях и полупустынях Евразии от Крыма и Западного Приазовья до Северо-Восточного Китая [1, 2].

В XIX–XX веках численность вида претерпела несколько скачков резкого сокращения и последующего восстановления в ряде регионов, благодаря экологической пластичности. Однако генеральная тенденция динамики численности привела к настоящему времени к ее сокращению на протяжении всего ареала [2]. Исторически мощному воздействию интенсивных экономических преобразований подверглись наиболее западные места обитания. В результате в конце XIX – начале XX в. красавка исчезла в странах Западной и Центральной Европы [3], а в конце XX века – в Северной Африке и Турции [4, 5].

Интенсивная, быстротечная и широкомасштабная кампания по освоению целинных и залежных земель в середине XX века на Украине, в России и Казахстане, а в 1990–2000-х годах – экономический кризис и реорганизация сельского хозяйства после распада СССР, привели к исчезновению естественных биотопов, сокращению водных ресурсов, изменению кормовой базы и увеличению



фактора беспокойства, особенно в европейской части ареала [6]. Самой уязвимой оказалась наиболее западная азово-черноморская популяция, охватывающая Северное Приазовье, Приазовскую и Тарханкутскую возвышенности, предгорья Крыма, острова и полуострова Сиваша, Керченский и Таманский полуострова [2]. Фрагментация гнездовых местообитаний привела к изоляции этой популяции от других субпопуляций в европейской части ареала, использованию различных путей миграции и мест зимовки [7]. Журавли азово-черноморской популяции совершают миграцию через Черное и Средиземное моря, долину Нила и пустыню Сахара на места зимовки в Республике Чад, в то время как журавли из остальной европейской части ареала мигрируют через Кавказ, пустыни Ирака и Саудовской Аравии и Красное море на места зимовки в бассейне Нила в Судане. Однако использование некоторыми красавками обоих путей миграции и мест зимовки указывают на неполную изоляцию азово-черноморской популяции [7, 8].

Азово-черноморская популяция обитает в экстремальных условиях на ограниченной площади мест обитания с высоким уровнем беспокойства, что связано с наибольшей степенью хозяйственной освоенности и высокой плотностью населения. В 1990–2000-е годы численность красавки оставалась относительно стабильной: 600–700 особей, включая 200–250 пар [9, 10], а отрицательные тенденции проявились с середины 2000-х годов [11]. Это связано с сокращением гнездовых местообитаний в результате интенсификации земледелия на оставшихся и восстановленных участках пашни (с использованием современной техники и сильнодействующих пестицидов), увеличением площади садов, виноградников, посевов риса, льна, рапса и многолетних трав за счет сокращения посевов зерновых культур или путем распашки ранее неосвоенных каменистых участков степи. Потеря гнездовых местообитаний произошла также из-за более значительного, чем в других районах обитания красавки, расширения урбанизированных и техногенных территорий. С середины 2010-х годов в Крыму отрицательные тенденции усугубились ограничением водных ресурсов из-за прекращения поступления воды из Днепровской ирригационной системы.

Цель данной статьи выявить ключевые территории в местах гнездования, летнего пребывания неполовозрелых особей и предмиграционных скоплений для последующих рекомендаций по организации или усилению природоохранных действий на уже созданных охраняемых территориях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования, а также отлов и мечение красавки проведены в 2018–2022 годы на Керченском и Тарханкутском полуостровах и Южном Пришивашье в Крыму и на Таманском полуострове в Краснодарском крае.

Специальные учеты не проводили, пары и группы негнездящихся особей отмечали попутно при поиске пар с птенцами для отлова и мечения.

Нелетных птенцов в семьях отлавливали, подъезжая к ним на автомобиле как можно ближе, и затем догоняли. Взрослых отлавливали с помощью транквилизатора на гнезде [12]. Отлов и мечение проведены по разрешениям соответствующих государственных природоохранных органов.

Всего в 2018–2022 гг. окольцевали 27 красавок, включая четырех взрослых особей. Птенцов в возрасте от 25 до 35 дней метили цветными спиральными кольцами, старше 35 дней и взрослых – цветными пластиковыми кольцами с буквенно-цифровым кодом и GPS-GSM передатчиками с солнечными батареями. 23 птенца помечено передатчиками производства университета г. Констанц (Германия), прикрепленными к двум ножным цветным пластиковым кольцам ELSA. Передатчики помещали на голень правой ноги, цветные кольца – левой. Четыре взрослых особи помечены передатчиками рюкзачкового типа Ornitela (OT-E25-3G) весом 23–35 г. Общий вес передатчика производства университета г. Констанц и колец составлял 30 г, и передатчика Ornitela-E25 – 23 г, что меньше 5 % от массы птицы, т.е. вес, который, согласно базовым биотелеметрическим исследованиям, сведет к минимуму негативные эффекты во время миграции [13].

Функционировать начал 21 передатчик. Так как не от всех из них сигналы поступали регулярно, для анализа использовали данные по 13 меченым особям (один взрослый и 12 птенцов). В течение второго и третьего года жизни прослежены перемещения четырех неполовозрелых особей.

Данные отслеживания загружены с вебсайта [www.movebank.org](http://www.movebank.org) в период с 2018 по 2020 гг. и вебсайта [www.cpanel/glosendas.net](http://www.cpanel/glosendas.net) в 2021 и 2022 гг., по состоянию на 1 мая 2023 г. При обработке данных использованы программы Microsoft Office Excel и Google Earth Pro.

Для анализа данных выделены три единицы: молодая птица в возрасте одного-двух лет, взрослая негнездящаяся особь и семья, в которой помечены один или два птенца.

В статье рассмотрены гнездовой период, время летнего пребывания неполовозрелых особей и трофический этап миграции для семей с птенцами, негнездящихся взрослых и неполовозрелых особей. Во время трофического этапа мигранты накапливают энергетические ресурсы на определенных, часто традиционных территориях, включающих места *предмиграционных скоплений и миграционные остановки*. Во время перемещений между трофическими территориями в начальный период трофического этапа мигранты могут отклоняться от основного направления миграции, а к концу этапа двигаться в направлении мест зимовки [14]. Журавли проводят на трофических территориях не менее четырех дней – минимум, необходимый для восполнения энергетических ресурсов [15]. В отличие от трофического, во время транзитного этапа миграции основной задачей является быстрое достижение мест зимовок или летнего пребывания. Он включает перелет на большой высоте по кратчайшему пути и кратковременные транзитные остановки на 1–2 дня, без существенного восполнения энергетических затрат [14, 15].

Для семей трофический этап миграции определяли с даты перемещения с гнездовой территории на первое место скопления до начала транзитного этапа миграции [16]. В этот период журавли также совершают перемещения между трофическими территориями, поэтому датой начала транзитного этапа миграции рассматривали день, когда птицы летели в направлении мест зимовки с последующими кратковременными остановками. В случае поступления нерегулярных сигналов трофический период определяли с даты первой до даты последней

фиксации, полученных с рассматриваемой трофической территории. Расстояние между гнездовыми территориями до первой трофической территории и между ними определяли по прямой между фиксациями с мгновенной скоростью 0 км/час.

Для неполовозрелых особей время пребывания на местах летнего пребывания и трофической территории рассматривали с даты прилета до даты отлета, или, в случае поступления нерегулярных сигналов с даты первой фиксации на месте летнего пребывания до даты последней фиксации на трофической территории.

Для определения площади используемой территории брали все фиксации а) семей, б) неполовозрелых, и в) сумму фиксаций семей и неполовозрелых, полученные с рассматриваемого места летнего пребывания и/или трофической территории.

Для расчёта площади и определение границ территории каждой выделенной группы семей и неполовозрелых особей использовали метод минимального выпуклого полигона (Minimum Convex Polygon, далее MPC) [17] с включением всех полученных локаций в программе QGIS версии 3.14 [18].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### 1. Гнездовой период

Гнездовые местообитания на Крымском и Таманском полуостровах сильно различаются, что подробно описаны в предыдущих исследованиях [12, 20].

В Южном Присивашье, где красавка традиционно гнездится на островах на озерах Айгуль и Кирлеут, в июне 2018 г. нами обнаружена лишь одна пара и несколько групп неполовозрелых особей.

На севере Керченского п-ова в заказнике «Осовинская степь» и Караларском природном парке отмечена необычно высокая плотность гнездования на ограниченных по площади участках. Красавка гнездится здесь в прибрежных бугристых степях и заросших высокой травой долинах между гребнями холмов, склоны которых покрыты кустарником и редколесьем. На участке прибрежной степи заказника «Осовинская степь» площадью около 3 км<sup>2</sup> в разные годы насчитывали 10–12 пар, из которых 8–10 гнездились. Причем наибольшая плотность в 2021 г. отмечена на территории площадью 1 км<sup>2</sup>, где насиживало девять пар, расстояние между гнездами которых составляло от 100 до 400 м. Этот участок с ямами и буграми, что, с одной стороны, не позволяет использовать его для земледелия, с другой – он соответствует критериям выбора красавками мест гнездования [9, 11]. В Караларском природном парке на участке площадью 24 км<sup>2</sup> красавка гнездилась в нескольких межгребневых задернованных долинах, где в 2019 г. учтено две пары с птенцами и пять территориальных негнездящихся пар, а в начале мая 2021 г. – шесть насиживающих и семь территориальных негнездящихся пар. На юге Керченского п-ова красавка не образует плотных группировок, но ее гнездование приурочено к прибрежным бугристым степям и полям, зачастую заросшим высокими сорными травами. Так, в районе горы Опук на участке в 4 км<sup>2</sup> встречены три пары, из них две с птенцами. В центре полуострова большая часть территории занята культивируемыми полями и плотность гнездования здесь гораздо ниже – в 2018 г. встречены две одиночные особи, в 2019 г. – три пары, из которых одна с птенцами. Всего на Керченском п-ове в июне 2018 г. встречено 10 пар, из них 4 с птенцами, в июне

2019 г. – 18 пар, из них 10 с птенцами, в мае 2021 г. – 27 пар, включая 11 гнездящихся, в начале мая 2022 г. – 31 пара, из них пять начали гнездование.

На Тарханкутской возвышенности распределение территориальных пар более равномерное, чем на Керченском п-ове, плотность гнездования довольно высокая, так как здесь сохранились достаточно большие участки низкотравной каменистой степи, непригодной для распашки. Журавли придерживались животноводческих ферм, где в последние годы пробиты артезианские источники для водопоя скота. Одна пара встречена на степном участке у морского побережья, при полном отсутствии пресных источников. Всего на Тарханкутском полуострове в середине июня 2018 г. учтено 16 пар, из них пять с птенцами, в 2019 г. в это же время – 17, из них шесть с птенцами. В мае 2021 и 2022 гг. – 12 пар, включая восемь гнездящихся и шесть пар, включая три гнездящихся, соответственно. Сокращение числа пар в 2021 и 2022 гг. связано не только с меньшей площадью обследования, но и с исчезновением ряда гнездовых участков из-за увеличившейся площади распаханых степей.

На Таманском п-ове в разные годы на сельскохозяйственных полях, залежах и на степных участках у подножий вулканическими холмов встречено от 1 до 4 пар, однако, по данным предыдущих исследований здесь может гнездиться 8–10 пар [19].

## **2. Летний и послегнездовой периоды**

### **2.1. Перемещения меченых особей**

В анализ летних и послегнездовых перемещений включены пять семей с птенцами, помеченными на п-ове Тарханкут, одна – на оз. Кирлеут на юге Сиваша, одна – в Караларском природном парке на севере Керченского п-ова, и одна семья и одна негнездящаяся взрослая птица – на Таманском п-ове в Краснодарском крае. Передатчики взрослого негнездящегося самца и птенцов на Таманском п-ове начали посылать сигналы со дня мечения. У семей, гнездящихся на Крымском полуострове, передатчики заработали, когда они уже прибыли на трофические территории.

Первый сигнал от семьи с птенцом, помеченным в южной части Центрального Сиваша на оз. Кирлеут, поступил 10 августа с Центрального Сиваша в 20 км севернее места гнездования. Сигналы от четырёх семей с южной части Тарханкутского п-ова также начали поступать из северной части Центрального Сиваша в период с 5 по 13 августа, в 150 км севернее места гнездования. Неизвестно, использовали ли семьи, помеченные на Тарханкутском п-ове, оз. Джарылгач в качестве первой трофической территории. Сигналы от этих пяти семей продолжали поступать до 19–22 августа, предположительно до даты начала миграции. Одна семья с Тарханкутского п-ова с 12 (даты начала поступления сигналов) по 24 августа (даты начала миграции) держалась на оз. Джарылгач в 25 км к северу от места мечения. В этот период она один раз посетила оз. Сасык-Сиваш, расположенный в 60 км на юго-восток. Сигналы от семьи с севера Керченского п-ова начали поступать 13 августа из центра этого п-ова, в 20 км южнее места гнездования. Не ясно, переместилась ли она сюда сразу после оставления гнездовой территории или использовала еще какое-либо место скопления. Семья с Таманского п-ова после оставления 26 июня гнездовой территории, держалась на месте скопления на Таманском п-ове, 13 августа переместилась на 60 км на запад на юг

Керченского п-ова, откуда 24 августа начала осеннюю миграцию в южном направлении (рис. 1).



Рис. 1. Использование семьями азово-черноморской популяции трофических территорий

1 – Таманский п-ов, 2 – Керченский п-ов, 3 – оз. Джарылгач; 4 – Сиваш. Звездочки – места мечения.

Взрослый негнездящийся самец, помеченный на Таманском п-ове, с 30 апреля по 11 августа держался на месте скопления в районе места мечения, после чего также переместился на 40 км западнее в центр Керченского п-ова и 27 августа мигрировал в южном направлении (рис. 1).

Неполовозрелые особи ( $n=7$ ) на второй и третий год жизни в течение весенне-летнего и предлётного периодов придерживались тех же трофических территорий, которые использовали семьи в предлётный период. Причем, независимо от места рождения посещали все четыре территории – Сиваш, оз. Джарылгач на Тарханкутском п-ове, юг Керченского п-ова и Таманский п-ов (рис. 2). Молодые журавли, державшиеся в течение весенне-летнего периода на Таманском п-ове, также в середине августа переместились на Керченский и оттуда начали миграцию.

Три неполовозрелых особи в апреле совершали широкие облёты. Они перемещались за пределы гнездовой части ареала азово-черноморской популяции вдоль побережья Азовского моря, от Сиваша до Ейска и Донецкой области на расстояние около 200 и 350 км соответственно и вдоль побережья Черного моря, на

расстояние до 150 км от Керченского пролива до Новороссийска, а также на 50–60 км на север от Сиваша (рис. 2).

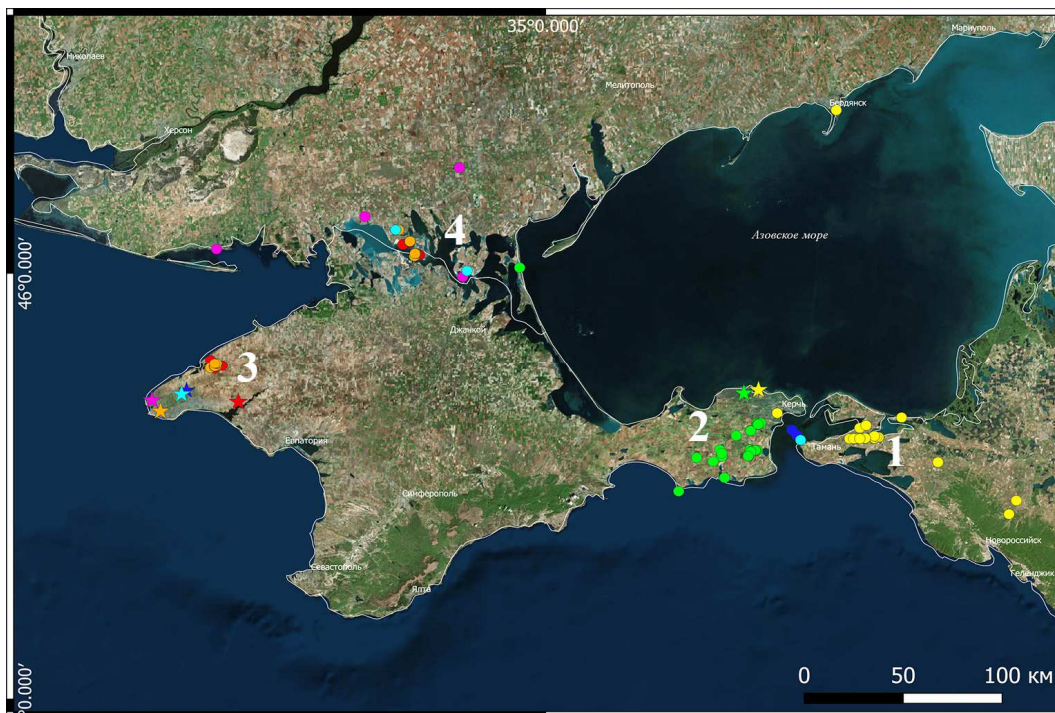


Рис. 2. Использование неполовозрелыми особями (второй и третий год жизни) азово-черноморской популяции трофических территорий

1 – Таманский п-ов; 2 – Керченский п-ов; 3 – оз. Джарылгач; 4 – Сиваш. Звездочки – места мечения.

## 2.2. Использование территорий мечеными особями

На Таманском п-ове семья с двумя мечеными птенцами, после оставления гнездовой территории, ночевала на отстойнике площадью около 4 км<sup>2</sup>, окруженном обводным каналом, в 4 км от места гнездования. Отстойник прилегает к юго-западной части озера Маркитанского – небольшой соленой морской лагуны Таманского залива, но не соединяется с ним. Кормилась на полях, прилегающих к озеру и отстойнику, в пределах от 0,5 до 4 км, в том числе на поле, где гнездилась. Площадь используемой территории составила 6,9 км<sup>2</sup> (рис. 3). Взрослый негнездящийся самец и неполовозрелые особи использовали то же место ночевки и кормились, главным образом, на тех же полях, протянувшихся полосой около 12 км от Тамани до пос. Приморский между южным побережьем Таманского залива и федеральной трассой, лишь изредка вылетая за пределы этой территории на степные участки на расстояние до 15 км (рис. 3). Площадь используемой ими территории составила 384,6 км<sup>2</sup> и включала площадь территории, используемой семьей. Выбор места предмиграционного скопления, очевидно, связан с наличием единственного в этом регионе водоема с

пресной водой и прилегающими к нему посевами зерновых культур, в то время как большая часть территории с другой стороны федеральной трассы занята виноградниками, расположенными между остепненными холмами и вулканами.



Рис. 3. Территории, используемые семьями (зеленый цвет) и негнездящимися и неполовозрелыми особями (желтый цвет) на Таманском (Краснодарский край) и Керченском (Крым) полуостровах

*В центре и на юге Керченского п-ова* красавки перемещались между пресноводными озерами, водохранилищами и прудами на расстояние от 15 до 30 км, кормились на прилегающих к ним сельскохозяйственных полях, ночевали на обширных соленых озерах морского происхождения по побережью Черного моря – Качик, Узунларское, и по побережью Креченского пролива – оз. Тобечикское (рис. 3). Площадь, используемая двумя семьями, составила 730,9 км<sup>2</sup>, неполовозрелыми особями и взрослым негнездящимся самцом (n = 3) – 499,7 км<sup>2</sup>, общая площадь, используемая отслеживаемыми журавлями (n = 5) – 1041,6 км<sup>2</sup>.

Семьи, негнездящиеся и неполовозрелые особи переместились на Керченский п-ов в середине августа. Однако ранее отмечены летние скопления неполовозрелых особей в течение всего весенне-летнего периода в районе озера Узунларское [10]. Мы также наблюдали в июне 2019 г. стаю из около 200 особей на оз. Киркияшское, а в мае 2022 г. около 200 особей кормились на посевах гороха в окрестностях с. Марьевка и ночевали на оз. Узунларское. Вероятно, неполовозрелые особи в мае – июле придерживаются определенных территорий на юге Керченского п-ова, а в августе, с укрупнением стай за

счет перемещения семей со всего полуострова и семей и неполовозрелых особей с Таманского п-ова, журавли используют более обширную территорию. При этом они собираются в южной, менее холмистой и более плоской части полуострова, с большим числом пресных водоемов и полей и наличием обширных соленых озер для ночевки на пологом побережье Черного моря и Керченского пролива.

На *озере Джарылгач* как семья, так и неполовозрелые особи ( $n = 3$ ) держались на ограниченной площади в восточной части озера – 7,6 км<sup>2</sup> и 14,5 км<sup>2</sup>, соответственно, кормились на прилегающих полях (рис. 4). Общая площадь составила 33,1 км<sup>2</sup>. Использование этого небольшого участка связано не только с малой выборкой отслеживаемых журавлей, но и с ограниченной территорией, пригодной для образования скопления. Озеро Джарылгач – второе по величине бесточное мелководное соленое озеро Тарханкутского п-ова. В его большей западной части наполнение осуществляется за счёт фильтрации морских вод, в меньшей восточной – наземных и подземных пресных карстовых источников [20]. Традиционно озеро имеет большое значение как место весенне-летнего пребывания неполовозрелые особей [21]. В 2018 г. на окрестных полях 20 июня встречено около 160 особей, а 18 июня 2019 г. – около 360 особей в восточной части озера. Кроме того, 16 августа 2021 г. на озере Джарылгач в стае из около 200 особей встречен взрослый гнездящийся самец, окольцованный в мае того же года у с. Багерovo на Керченском п-ове.

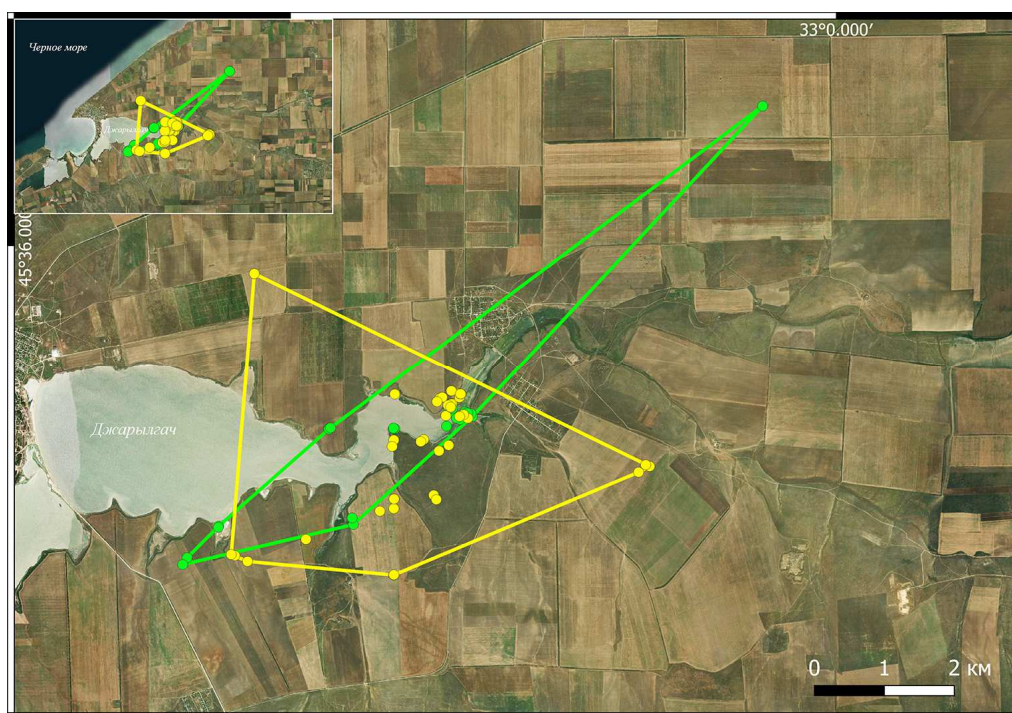


Рис. 4. Территории, используемые семьей (зеленый цвет) и неполовозрелыми особями (желтый цвет) на оз. Джарылгач, Тарханкутский п-ов Крыма



Перемещение журавлей в июле и августе с оз. Джарылгач на Сиваш, вероятно, связано не только с беспокойством из-за развития туристической инфраструктуры у с. Межводное и открытием охоты на водоплавающих [11], но и с укрупнением стай, для обеспечения которых кормами, местами отдыха и ночевок ресурсов данной территории не хватает.

На *Сиваше* семьи с Тарханкута и Южного Сиваша, а также неполовозрелые особи держались на заливах, солончаковых плесах и прилегающих полях, главным образом, в районе пос. Дружелюбовка в Херсонской области в период с 5 (дата первого сигнала от одного из птенцов) до 22 августа (рис. 5). Один из птенцов начал миграцию 19 августа, сделав первую остановку на ночь на оз. Джарылгач. Две семьи с птенцами, помеченными на Приазовской возвышенности и на севере Сиваша, после оставления гнездовой территории держались на Чонгарском полуострове (рис. 5) и 23–24 августа начали осеннюю миграцию, сначала совершив перелет на запад к с. Дружелюбовка. Площадь, используемая семьями ( $n = 5$ ) в предотлетный период, составила 439,9 км<sup>2</sup>, неполовозрелыми особями ( $n = 5$ ) в весенне-летний и предотлётный периоды – 646,3 км<sup>2</sup>. Вычисленная общая площадь, 1219,7 км<sup>2</sup>, очевидно меньше, чем реально используемая стаями общей численностью до 1700 особей [7], что связано с небольшим числом отслеживаемых нами особей.

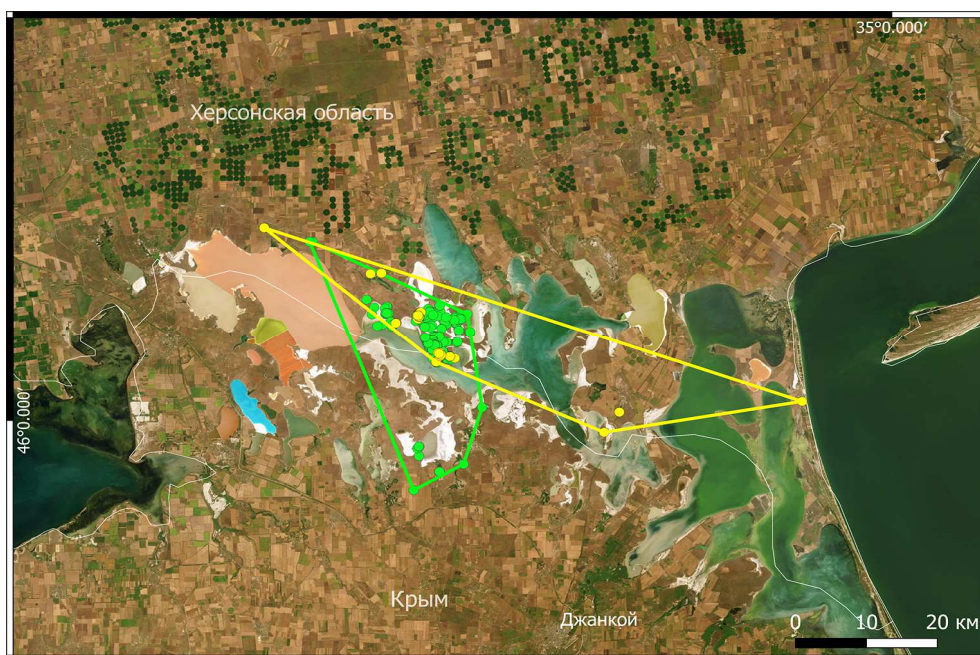


Рис. 5. Территории, используемые семьями (зеленый цвет) и неполовозрелыми особями (желтый цвет) на Сиваше

В системе Сиваша многочисленные острова, полуострова и мысы чередуются с плесами, проливами и более или менее обособленными заливами. Сиваш отличается мелководностью, летом вода испаряется, образуются обширные

солончаковые плесы. Через Перекопский перешеек, отделяющий Сиваш от Черного моря, проходит Северо-Крымский оросительно-обводнительный канал, построенный для обеспечения водой маловодных и засушливых территорий Херсонской области и Крыма с забором воды из Каховского водохранилища в нижнем течении Днепра. От Перекопского перешейка он идет до Джанкоя и далее на юго-восток до окрестностей Керчи.

В конце 1990-х гг. ядро трофической территории находилось на юге Центрального Сиваша в районе оз. Айгуль и двух заливов, вода в которых опреснялась за счет оросительного канала [22]. После 2014 г. поступление воды в Крым прекратилось, канал стали заполнять до уровня, обеспечивающего водоснабжение Херсонской области. Вероятно, этим можно объяснить смещение журавлей с места скопления в Джанкойском районе Крыма в Херсонскую область, в северную часть Центрального Сиваша в места поступления пресной воды из дренажных и оросительных каналов, опресняющих заливы.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Ревизия современного распространения азово-черноморской популяции показала, что в начале 2010-х гг. наиболее благоприятная ситуация существовала на Тарханкутском и Керченском полуостровах, а на Приазовской возвышенности и в предгорьях Крыма численность красавки сократилась [11]. Тарханкутский полуостров был рефугиумом для гнездящихся красавок, так как на нем преобладали трудные для распашки щебнистые степи, а из-за уменьшения пастбищной нагрузки отмечено даже некоторое увеличение численности. В период наших исследований отмечено сокращение численности гнездящихся пар из-за интенсивной распашки каменистых степей для посевов трав или возделывания таких неприхотливых культур, как лен, в том числе на территории Тарханкутского национального парка. На Керченском п-ове численность в начале 2010-х гг. была наиболее стабильной, хотя отмечали перераспределение гнездящихся пар, вызванное зарастанием заброшенных сельхозполей густым травостоем [11]. К началу 2020-х гг., хотя численность гнездящихся пар оставалась стабильной, ситуация с их перераспределением усугубилась. Высокая плотность гнездования в Караларском природном парке и Осовинской степи обусловлена лимитом подходящих гнездовых местообитаний из-за распашки сопредельных прежде заброшенных полей и новых степных участков. Как на Керченском, так и на Тарханкутском полуостровах усилился фактор беспокойства из-за развития туризма, в том числе неконтролируемого, уровень которого сильно вырос после строительства автомобильного и железнодорожного моста, соединяющего Крым и Таманский полуостров. Сокращение численности в Южном Присивашье, возможно, связано с сокращением ресурсов пресной воды из-за прекращения подачи воды из Северо-Крымского канала и нелегальным отловом птенцов для продажи в 1990–2000-е годы (Ю. А. Андрющенко, личное сообщение).

В целом, сокращение пригодных гнездовых местообитаний ведет к фрагментации ареала азово-черноморской популяции и сокращению численности в Крыму.

Дистанционное слежение за мечеными особями показало, что семьи и негнездящийся самец в предмиграционный период держались на одной или двух из

четырёх основных мест трофических территорий (озеро Джарылгач и Сиваш на западе и севере ареала и Таманский и Керченский п-ова на юго-востоке ареала), в то время как неполовозрелые особи посещали все эти территории. Некоторые неполовозрелые журавли, все самки, в весенний период делали широкие облеты от 100 до 1200 км, подобно неполовозрелым серым журавлям [23].

Трофические территории на оз. Джарылгач и на Таманском п-ове – места летнего пребывания небольших групп журавлей и трофические территории, где журавли держатся на начальной стадии предмиграционного периода. С укрупнением стай и растущими потребностями в более интенсивной кормежке для накопления жировых запасов перед транзитным этапом миграции большая часть журавлей перемещается с них на более обширные территории центральной и южной части Керченского п-ова и на Сиваш. Эти ключевые территории служат местами гнездования и трофической предмиграционной территорией. Распределение семей и неполовозрелых птиц показало, что ключевыми участками в период с 2018 по 2022 годы являлись поля и заливы в Херсонской области в районе с. Дружелюбовка и на Чонгарском п-ове, в то время как место скопления в Джанкойском районе Крыма практически утратило свое значение. Наши данные подтверждают более ранние наблюдения о смещении скоплений из Южного Присивашья на более стабильно опресняемые акватории северных заливов Сиваша, в основном у сёл Дружелюбовка, Васильевка, Заозёрное, Новомихайловка, Новодмитровка и Веснянка Херсонской области [11].

Наиболее уязвимое из выявленных трофических территорий – место весенне-летнего пребывания и трофической предмиграционной территории на оз. Джарылгач, которое важно не только для журавлей, но и других околородных птиц. Именно здесь отмечены регулярные случаи отравления пестицидами молодых красавок, серых журавлей, дроф и других видов птиц [24, 25], а также беспокойство, связанное с расположением озера между тремя селами – Межводное, Водопойное и Новоульяновка, охотой и развитием туризма [11].

Одна из основных проблем сохранения красавки – отсутствие реального механизма охраны вида в условиях увеличивающегося беспокойства, преследования и отстрела взрослых птиц, отравления пестицидами на территориях, важных для обитания вида, в том числе на особо охраняемых территориях [12]. Необходимо усиление мер охраны для сохранения вида и его местообитаний в наиболее уязвимой части ареала, так как ухудшение условий обитания может привести к дальнейшему сокращению численности и местообитаний, а возможно и полному исчезновению азово-черноморской популяции красавки.

В местах гнездования нужен контроль за развитием туризма в местах с наибольшей плотностью гнездящихся пар, в том числе на таких охраняемых территориях, как Рамсарское водно-болотное угодье «Цетральный Сиваш», Тарханкутский национальный парк, Опукский природный заповедник, Караларский региональный ландшафтный парк и региональный заказник «Осовинская степь». Необходимо закрытие охоты до 15 сентября (даты, когда практически все красавки отлетают на места зимовки) на территориях, используемых журавлями для дневного отдыха и мест ночевки – оз. Маркитанском на Таманском п-ове, озерах по побережью Черного моря и Керченского пролива на Керченском п-ове, озере

Джарылгач на Тарханкутском полуострове и в Центральном Сиваше в районе пос. Дружелюбовка и на Чонгарского полуострове. Во избежание случаев отравления на оз. Джырылгач необходимо создание вокруг озера 30 км зоны контроля за использованием пестицидов.

### БЛАГОДАРНОСТЬ

Мы признательны П. В. Аксеновой, И. П. Арюлиной, М. В. Корепову, С. Ю. Костину, Р. А. Мнацеканову и С. Л. Попову за помощь в поиске гнездовых пар и отлове красавки. Благодарны Университету г. Констанц, Институту поведения животных Макса Планка (Германия) и лично В. Фидлеру, Б. Форнвег и Г. Хейне за обеспечение передатчиками типа GPS-GSM и И. В. Покровскому за подготовку разрешительных документов для использования передатчиков.

### Список литературы

1. Флинт В. Е. Семейство Журавлиные / В. Е. Флинт // Птицы СССР: Курообразные, журавлеобразные. – Л.: Наука, 1987. – С. 266–335.
2. Pyashenko E. I. Demoiselle Crane (*Anthropoides virgo*) / E. I. Pyashenko // Crane Conservation Strategy. C. M. Mirande, J. T. Harris, editors. – Baraboo, Wisconsin, USA : International Crane Foundation, 2019. – P. 383–396.
3. Нанкинов Д. Н. История красавки *Anthropoides virgo* в Болгарии / Д. Н. Нанкинов // Русский орнитологический журнал. – 2009. – № 18 (экспресс-выпуск 480). – С. 695–704.
4. Ильяшенко Е. И. Динамика численности и ареала красавки в XX и начале XXI веков / Е. И. Ильяшенко // Орнитология. – 2018. – № 42. – С. 5–23.
5. Akarsu F. Current status of cranes in Eastern Turkey / F. Akarsu, E. Pyashenko, C. Hays Branscheid // Proceedings of the VII<sup>th</sup> European Crane Conference. – Groß Mohrdorf : Crane Conservation Germany, 2013. – P. 69–76.
6. Ильяшенко Е. И. Влияние изменений в агроландшафтах на распределение и численность красавки (*Anthropoides virgo* Linnaeus, 1758) (Gruidae, Aves) в гнездовой части ареала с середины XX века. / Е. И. Ильяшенко // Поволжский экологический журнал. – 2019. – № 1. – С. 222–236.
7. Ильяшенко Е. И. Миграции красавки (*Anthropoides virgo*): дистанционное слежение на путях пролетах, миграционных остановках и зимовках / Е. И. Ильяшенко, Е. А. Мудрик, Ю. А. Андриющенко, В. П. Белик, О. В. Беялов, М. Викельски, А. Э. Гаврилов, О. А. Горошко, Е. В. Гугуева, М. В. Корепов, Р. А. Мнацеканов, Д. В. Политов, К. А. Постельных, Цао Лей, В. Ю. Ильяшенко // Зоологический журнал. – 2021. – № 100 (9). – С. 1028–1054.
8. Mudrik E. A. The Demoiselle crane (*Anthropoides virgo*) population genetic structure in Russia / E. A. Mudrik, E. I. Pyashenko, O. A. Goroshko, T. A. Kashentseva, M. V. Korepov, I. A. Sikorskiy, G. S. Dzhmirzoev, V. Yu. Pyashenko, D. V. Politov // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – Vol. 22, – No 5. – P. 586–592. DOI 10.18699/VJ18.398
9. Андриющенко Ю. А. Положение украинской группировки журавля-красавки в пределах мирового ареала вида / Ю. А. Андриющенко // Беркут. – 1997. – № 6 (1–2). – С. 33–46.
10. Андриющенко Ю. А. Красавка на сельскохозяйственных землях / Ю. А. Андриющенко // Журавли Евразии (биология, распространение, миграции, управление). М. : Россельхозакадемия, 2011. – Т. 4. – С. 476–483.
11. Андриющенко Ю. А. 2015. Ревизия ареала азово-черноморской популяции красавки / Ю. А. Андриющенко // Журавли Евразии (биология, распространение, разведение). М. : Россельхозакадемия, 2015. – Т. 5. – С. 153–167.
12. Маркин Ю. М. Методические рекомендации по отлову и мечению журавлей / Ю. М. Маркин, Е. И. Ильяшенко. – М. : РГЖЕ, 2010. – 36 с.

13. Keskpaik J. Bioradiotelemetry of heart rate of birds in flight / J. Keskpaik, R. Leht // Communications of the Baltic Commission for the Study of Bird Migration. – 1983. – № 15. – P. 56–65.
14. Гаврилов Э. И. Сезонные миграции птиц на территории Казахстана / Гаврилов Э. И. – Алма-Ата : Наука, 1979. – 256 с.
15. Hedenström A. Adaptations to migration in birds: behavioral strategies, morphology and scaling effects / A. Hedenström // Philosophical Transactions of the Royal Society. – 2008. – № 363. – P. 287–299.
16. Alerstam T. Ecology of animal migration / T. Alerstam, J. Bäckman // Current Biology. – 2018. – № 28. – R952–R1008, September 10, 2018 © 2018 Elsevier Ltd
17. Hayne D. W. Calculation of size of home range / D. W. Hayne // Journal of Mammalogy. – 1949. – № 30. – P. 1–18.
18. Quantum GIS // QGIS: a free and Open source geographic information system. – 2020. – <https://www.qgis.org/>.
19. Андриющенко Ю. А. Современное состояние красавки на Керченском и Таманском полуостровах / Ю. А. Андриющенко, Р. А. Мнацеканов, М. А. Динкевич // Журавли Евразии (биология, распространение, миграции). М. : Россельхозакадемия, 2008. – Т. 3. – С. 141–147.
20. Смекалова Т. Н. Памятники эпохи бронзы и раннего железного века на полуострове Тарханкут: каталог / Т. Н. Смекалова // Материалы к археологической карте Крыма. – Симферополь : Доля, 2010. – Вып. II. – 204 с.
21. Андриющенко Ю. А. Состояние журавля-красавки и серого журавля на Сиваше / Ю. А. Андриющенко, П. И. Горлов // Размещение околородных птиц на Сиваше в летне-осенний период. – Мелитополь : Бранта – Симферополь : Сонат, 1999. – С. 83–88.
22. Андриющенко Ю. А. Летние скопления журавля-красавки на Сиваше / Ю. А. Андриющенко, А. А. Шевцов // Бранта: сборник научных трудов Азово-Черноморской орнитологической станции. – 1998. – № 1. – С. 92–102.
23. Кондракова К. Д. Перемещения неполовозрелых серых журавлей в центре европейской части России / К. Д. Кондракова, Ю. М. Маркин, К. А. Постельных, В. Ю. Ильяшенко, С. Пекарски, Р. Натан, Е. И. Ильяшенко // Орнитология. – 2021. – № 45. – С. 75–80.
24. Гринченко А. Б. Отравление красавок и дроф в Крыму в 2021 г. / А. Б. Гринченко, Г. А. Прокопов // Информационный бюллетень Рабочей группы по журавлям Евразии. – 2022. – № 16. – С. 235–247.
25. Ильяшенко В. Ю. О массовой гибели животных в Республике Крым / В. Ю. Ильяшенко, К. Д. Кондракова, Е. И. Ильяшенко // Проблемы зоокультуры и экологии. – 2022. – № 6. – С. 138–144.

## KEY AREAS FOR THE DEMOISELLE CRANE (*ANTHROPOIDES VIRGO*) OF THE AZOV-BLACK SEA POPULATION

*Ilyashenko E. I.<sup>1</sup>, Kondrakova K. D.<sup>1</sup>, Wikelski M.<sup>2</sup>, Cao Lei<sup>3</sup>, Ilyashenko V. Yu.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Severtsov Institute of Ecology and Evolution Russian Academy of Science, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Max Planck Institute of Animal Behavior, Radolfzell, Germany*

<sup>3</sup>*Research Center for Eco-Environmental Sciences Chinese Academy of Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, China*

*E-mail: ilyashenkoei@gmail.com*

Increasing anthropogenic pressure on Demoiselle Crane habitats causes a reduction in its numbers and fragmentation of its range. Field studies and analysis of the movements of chicks and adults of the Azov-Black Sea population tagged with satellite transmitters made it possible to clarify the most important areas for breeding and pre-migration congregations.

Key areas for the survival of the Azov-Black Sea Population have been specified. Most important breeding grounds include “Osovinskaya Steppe” Wildlife Refuge and Karalarsky Landscape Park in the Kerch Peninsula, Tarkhankut National Park in the Tarkhankut Peninsula, and South Sivash. The biggest density on limited areas were determined on “Osovinska Steppe” Wildlife Refuge, where nine pairs breed in the site of square kilometer.

The most important summer areas for immature cranes as well as staging areas during pre-migratory period are Dzharylgach Lake in the Tarkhankut Peninsula, lakes on the south of the Kerch Peninsula and North Sivash area in Crimea as well as Markitanskoye Lake in the Taman Peninsula in Krasnodar Region.

The main threats for the Demoiselle Cranes are disturbance due to uncontrolled tourism, intensive ploughing of natural habitats, especially rocky steppes in the Tarkhankut Peninsula, non-appropriate protection of habitats at protected areas, and poisoning at Dzharylgach Lake due to pesticide using by farmers.

Proposed conservation measures include a) strengthen protection of cranes at existed protected areas of different levels, b) control on tourism development, c) ban of hunting on listed above at roosting sites in key crane staging areas until autumn Demoiselle Crane migration finish on 15 September, d) organization the zone free from pesticide use 30 km around Dzharylgach Lake, which is the most important summer area for immature and non-breeding cranes.

**Keywords:** key areas, threats, proposed conservation measures.

#### References

1. Flint V. E., Family of Gruidae. *Birds of the USSR: Galliformes, Gruiformes* (Leningrad, 1987), p. 266.
2. Ilyashenko E. I., Demoiselle Crane (*Anthropoides virgo*), *Crane Conservation Strategy*. Edited by Mirande C. M., J.T. Harris (International Crane Foundation, Baraboo, Wisconsin, USA, 2019), p. 383.
3. Nankinov D. N., History of the Demoiselle Crane *Anthropoides virgo* in Bulgaria, *Russian Ornithological Journal*, **18 (480)**, 695 (2009).
4. Ilyashenko E. I., Ilyashenko V. Yu., Search of the Demoiselle Crane in Morocco, *Newsletter of the Crane Working Group of Eurasia*, (Moscow, 2011), **11**, 38.
5. Akarsu F., Ilyashenko E., Hays Branscheid C., Current status of cranes in Eastern Turkey, *Proceedings of the VII<sup>th</sup> European Crane Conference* (Crane Conservation Germany, Groß Mohrdorf, 2013), p. 69.
6. Ilyashenko E. I., Influence of changes in agricultural landscapes on the distribution and number of the Demoiselle Crane (*Anthropoides virgo* Linnaeus, 1758) (Gruidae, Aves) in its breeding area since the middle of the 20th century, *Volga Ecological Journal*, **1**, 222 (2019).
7. Ilyashenko E. I., Mudrik E. A., Andryushchenko Yu. A., Belik V. P., Belyalov O. V., Wikelski M., Gavrilov A. E., Goroshko O. A., Guguyeva E. V., Korepov M. V., Mnatsekanov R. A., Politov D. V., Postelnykh K. A., Cao Lei, and Ilyashenko V. Yu., Migrations of the Demoiselle Crane (*Anthropoides virgo*): remote tracking on flyways and at wintering grounds, *Zoological Journal*, **100 (9)**, 1028 (2021).
8. Mudrik E. A., Ilyashenko E. I., Goroshko O. A., Kashentseva T. A., Korepov M. V., Sikorskiy I. A., Dzhmirzoev G. S., Ilyashenko V. Yu., Politov D. V., The Demoiselle crane (*Anthropoides virgo*) population genetic structure in Russia, *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, **22 (5)**, 586 (2018) doi 10.18699/VJ18.398
9. Andryushchenko Yu. A., The position of the Ukrainian Demoiselle Crane breeding group within the world range of the species, *Berkut*, **6 (1–2)**, 33 (1997).
10. Andryushchenko Yu. A., The Demoiselle Crane on agricultural lands in Ukraine, *Cranes of Eurasia (biology, distribution, migrations, management)* (Moscow, 2011), **4**, 476.

11. Andryushchenko Yu. A., Revision of the Azov-Black Sea population of the Demoiselle Crane, *Cranes of Eurasia (biology, distribution, captive breeding)* (Moscow, 2015), **5**, 153.
12. Markin Yu. M., Ilyashenko E. I., *Guidelines for catching and marking cranes* (Moscow, 2010), 36 p.
13. Keskpaik J., Leht R., Bioradiotelemetry of heart rate of birds in flight, *Communications of the Baltic Commission for the Study of Bird Migration*, **15**, 56 (1983).
14. Gavrilov E. I., *Seasonal bird migrations in Kazakhstan* (Alma-Ata, 1979), 256 p.
15. Hedenström A., Adaptations to migration in birds: behavioral strategies, morphology and scaling effects, *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **363**, 287 (2008).
16. Alerstam T., Bäckman J., Ecology of animal migration, *Current Biology*, **28**, R952–R1008 (2018).
17. Hayne D. W., Calculation of size of home range, *Journal of Mammalogy*, 30, 1 (1949).
18. Quantum GIS, *QGIS: a free and Open source geographic information system* (2020). <https://www.qgis.org/>.
19. Andryushchenko Yu. A., Mnatsekanov R. A., Dinkevich M. A., Current status of the Demoiselle Crane in Kerch and Taman Peninsulas, *Cranes of Eurasia (biology, distribution, migrations)* (Moscow, 2008), **3**, 141.
20. Smekalova T. N., Monuments of the Bronze Age and the Early Iron Age on the Tarkhankut Peninsula: catalog, *Materials for the archaeological map of Crimea* (Simferopol, 2010), Issue 2, 204 p.
21. Andryushchenko Yu. A., Gorlov P. I., Status of the Demoiselle and Eurasian Cranes in Sivash, *Distribution of waterbirds in Sivash in summer-autumn period* (Melitopol – Simferopol, 1999), p. 83.
22. Andryushchenko Yu. A., Shevtsov A. A., Summer congregations of the Demoiselle Crane in Sivash, *Branta: collection of scientific papers of Azov-Black Sea Ornithological Station*, **1**, 92 (1998).
23. Kondrakova K. D., Markin Yu. M., Postelnykh K. A., Ilyashenko V. Yu., Pekarski S., Natan R., Ilyashenko E. I., Movements of immature Eurasian Cranes in the center of the European Russia, *Ornithology*, **45**, 75 (2021).
24. Grinchenko A. B., Prokopov G. A., Poisoning of Demoiselle Cranes and European Bustards in Crimea in 2021, *Newsletter of the Crane Working Group of Eurasia*, **16**, 235 (2022).
25. Ilyashenko V. Yu., Kondrakova K. D., Ilyashenko E. I., About mass death of animals in the Republic of Crimea, *Problems of zoo culture and conservation*, 6, 138 (2022).

УДК 502.753

## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ ОСОБЕЙ ПОДРОСТА ДРЕВОВИДНЫХ МОЖЖЕВЕЛЬНИКОВ КРЫМА

Коренькова О. О.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет», Москва, Российская Федерация  
E-mail: o.o.korenkova@mail.ru

В ходе проведенных исследований, было заложено 30 пробных площадей, которые охватывают ареалы *J. deltoides* и *J. excelsa* в пределах практически всего Горного Крыма, от п.г.т. Инкерман до г. Судак. Выявлено, диаметр ствола *J. deltoides* варьирует от 1,12 см до 3,26 см. Высота его изменяется не так широко – 0,26–1,23 м. Подрост *J. excelsa* уступает показателям подроста *J. deltoides*. Диаметр его ствола изменяется в достаточно больших пределах от 0,77 см до 3,75 см. Предельные показатели высоты подроста также отличаются почти в 5 раз от 0,3 м до 1,42 м на тех же пробных площадях. В большинстве случаев молодые особи *J. excelsa* встречаются под пологом материнских деревьев и в силу большой конкуренции в «теневой период», развиваются с различной интенсивностью. Большинство особей подроста обоих видов находятся в отличном жизненном состоянии, на их долю приходится 63 %. С увеличением высоты мест произрастания над уровнем моря доля особей подроста *J. excelsa* в отличном состоянии сокращается больше чем в 10 раз. Подрост *J. deltoides* практически в равной степени характеризуется пирамидальной и раскидистой формами кроны, на их долю приходится 48 % и 41 % соответственно. Молодые особи *J. excelsa* почти в 3 раза чаще имеют стелющуюся форму кроны нежели подрост *J. deltoides*. В подавляющем большинстве случаев, качество подроста исследуемых видов хорошее и он можно характеризовать как вполне жизнеспособный.

**Ключевые слова:** *Juniperus deltoides* R.P. Adams, *Juniperus excelsa* M.Bieb., подрост, естественное возобновление, абиотические факторы, Горный Крым.

### ВВЕДЕНИЕ

В природной флоре Крыма насчитывается более 190 видов деревьев и кустарников, из них лесобразующими являются 14, среди которых два представителя рода *Juniperus* L. – *Juniperus deltoides* R.P. Adams и *Juniperus excelsa* M.-Bieb. [1–4].

*J. deltoides* – двудомный кустарник или небольшое дерево, в основной части ареала может достигать высоты 10–15 м. В Крыму его высота не превышает 5 м и, в среднем, составляет 2,9 м. Хвоя в чередующихся мутовках по 3, длиной 10–25 мм и 1–3 мм шириной. Шишкочагоды пазушные на коротких (1–2 мм) карликовых побегах с мутовками мелкой хвои, созревают на второй год. Зрелые шишки шаровидные или яйцевидно-шаровидные, 8–20 мм диаметром. Семян длиной 5–12 мм в шишкочагоде 2–3 шт. [5–9].

Распространен *J. deltoides* в Средиземноморье и на Ближнем Востоке. В основной части ареала образует маквисы и гарриги, встречается также в подлеске в сухих лесах с *Carpinus betulus* L., *Quercus ilex* L. и различных видов рода *Pinus* L. В Крыму чаще всего выступает в качестве подлеска, реже образует можжевельниковые редколесья с *J. excelsa* или самостоятельно. В горных лесах произрастает совместно



с *Cedrus libani* A.Rich., *Pinus nigra* J.F.Arnold, *J. excelsa*. В Средиземноморье встречается на высоте до 2200 м н.у.м. на сухих каменистых склонах и маломощных почвах. В Крыму высотный диапазон распространения вида, меньше и составляет от 5 до 700 м н.у.м. Крайне редко *J. deltooides* произрастает на песчаных дюнах. Его ареал в основном ограничен регионами со средиземноморским климатом, но на Балканах встречается в более континентальных условиях [10–12].

Второй по площади ареал в Средиземноморье имеет *J. excelsa* – двудомное, реже однодомное древесное растение высотой до 20–25 м. На территории Крыма максимальная высоты особей отмечена на г. Крестовая (15 м), средняя высота на полуострове составляет 4,7 м. Хвоя на взрослых особях обычно чешуевидная, черепитчатая длиной 0,5–1,5 и шириной 0,5–1 мм. Шишкочешуйки в диаметре 6–12 мм созревают на второй год, содержат по 3–6 семян, 4–6 мм длиной и 3–4 мм шириной. В средиземноморье занимает местообитания от горных хвойных лесов до высокогорных степей с преобладанием ксерофитов, в высотном диапазоне от 100 до 3950 м н.у.м. На территории Крыма произрастает на высоте от 20 до 1094 м н.у.м. Образует леса с *Pinus gerardiana* Wall. ex D.Don, *Pinus wallichiana* A.B.Jacks., *Cedrus deodara* (Roxb. ex D.Don) G.Don, *Abies pindrow* (Royle ex D.Don) Royle. В лиственных лесах встречается совместно с *Juglans nigra* L., *Malus sieversii* (Ledeb.) M.Roem., *Carpinus* sp., *Crataegus* sp., *Prunus* sp., *Sorbus* sp. В высокогорьях образует чистые можжевельниковые редколесья на осыпях и выходах материнской породы [5–12].

В настоящее время оба вида включены в Красные книги Республики Крым и города Севастополя, в статусе «вид сокращающийся в численности». Среди основных причин, приведших к снижению площади можжевельниковых редколесий, выделяют низкий уровень естественного возобновления и негативное антропогенное воздействие [13, 14].

На процессы естественного возобновления оказывает влияние не только количество особей подроста, но и его качество. Особого внимания заслуживает вопрос образования новых генерация леса редких и исчезающих видов [15].

В последние десятилетия комплексных исследований качества подроста *J. deltooides* и *J. excelsa* не проводилось. На основании чего, возникает необходимость, в изучении его биоморфологических особенностей и выявлении степени влияния абиотических и антропогенных факторов на развитие особей подроста *J. deltooides* и *J. excelsa*.

Целью проведенных исследований явилось определение особенностей естественного возобновления представителей рода *Juniperus* L. в Горном Крыму. Исходя из цели работы были поставлены следующие задачи: определить морфологические и качественные показатели подроста *J. deltooides* и *J. excelsa*; установить габитуральные особенности исследуемых видов; оценить степень воздействия внешних факторов на данные показатели.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения особенностей естественного возобновления и качества подроста древостоев *J. deltooides* и *J. excelsa* было заложено 30 пробных площадей (ПП) размером по 0,2 га (рис. 1). Детально-маршрутным методом – исследовалась территория распространения исследуемых видов в Горном Крыму.

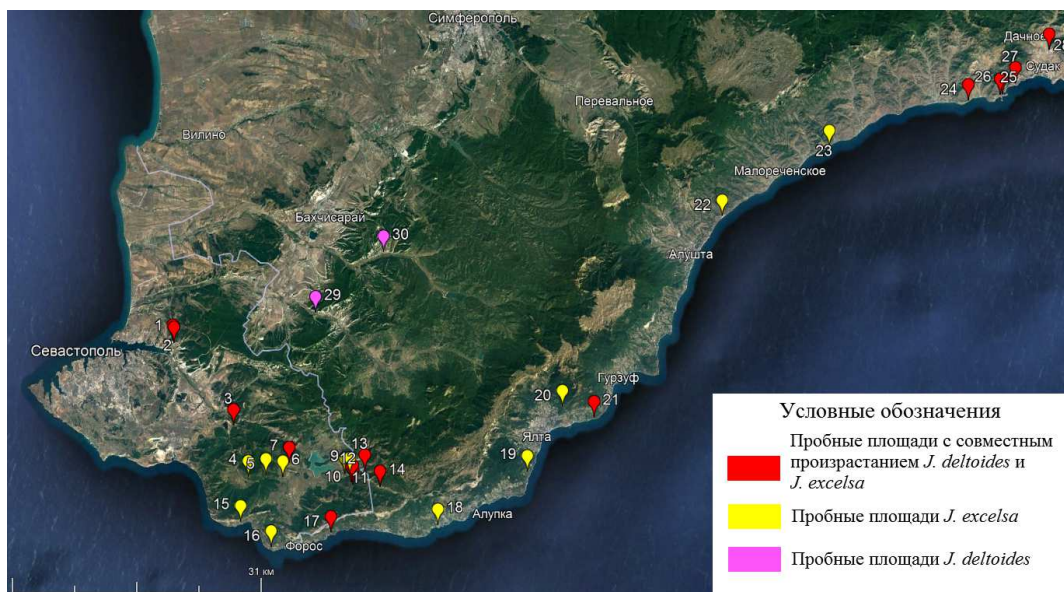


Рис. 1. Схема расположения пробных площадей в популяциях *J. excelsa* и *J. deltooides* в Горном Крыму

(1–2 – окрестности г. Инкерман; 3 – г. Чирка-Каясы; 4 – г. Каяташ; 5 – г. Кучук-Коль-Бурун; 6 – окр-сти с. Широкое; 7 – г. Самналых; 8–9 – г. Курт-Кая; 10–12 г. Кара-Даг; 13 – г. Толака-Баир; 14 – Тарпан-Баир; 15 – ур. Батилиман; 16 – г. Сарыч; 17 – г. Дракон; 18 – г. Кошка; 19 – г. Крестовая; 20 – окр-сти п.г.т Масандра; 21 – м. Мартьян; 22 – б. Семидворская; 23 – г. Япул-Бурун; 24 – г. Папая-Кая; 25–26 – г. Коба-Кая; 27 – г. Сокол; 28 – г. Каршитерс; 29 – ск. Куллю-Кая; 30 – окрестности с. Кудрино).

У подростка измерялись высота, диаметры его кроны и ствола. Оценивалась окраска хвои. Полученные данные обрабатывались стандартными методами математической статистики [16]. Так же определялось жизненное состояние подростка по следующим признакам: количество усохших и поврежденных ветвей, состояние качества хвои, наличие механических повреждений и обдираний животными [17].

Кроме того, проводилась оценка габитуральных особенностей подростка исследуемых видов по методике А. И. Колесникова [18, 19], с выделением четырех основных форм кроны: пирамидальная, раскидистая, шаровидная и стелющаяся.

С целью определения степени влияния абиотических и антропогенных факторов на рост и развитие особей подростка *J. deltooides* и *J. excelsa* проводился однофакторный анализ. Изучалось влияние следующих факторов: регион распространения древостоев (количество осадков и температурный режим), высота мест произрастания над уровнем моря, экспозиция склона, эдафические условия, степень антропогенного воздействия.

Для определения степени влияния региона распространения древостоев *J. deltooides* и *J. excelsa* пробные площади были разделены на четыре географические

группы: западную, южнобережную, восточную и северную. В западную группу вошли пробные площади № 1–14; в южнобережную – № 15–23; в восточную – № 24–28 и в северную – № 29–30. Для западной группы использовали данные осадков метеорологической станции № 33991 (Севастополь); для восточной и южнобережных групп – № 33976 (Феодосия) и № 33990 (Ялта) соответственно; для северной – №339555и (Симферополь) (рис. 2, рис. 3).

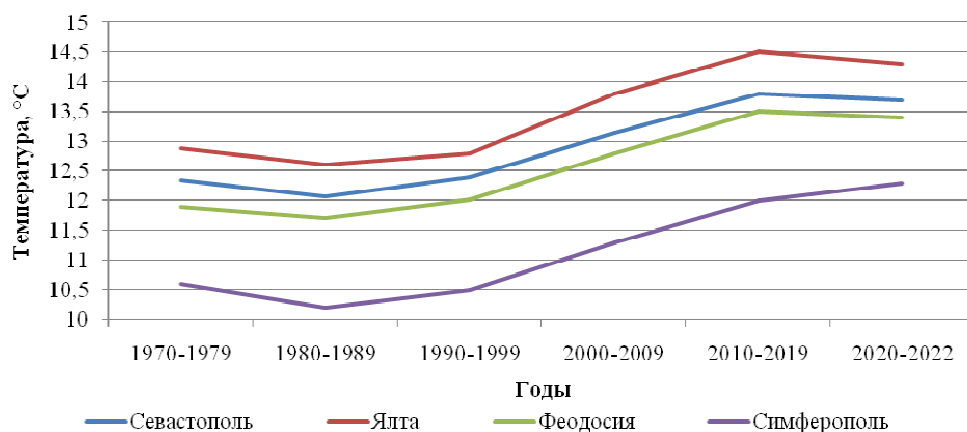


Рис. 2. Среднегодовая температура регионов произрастания *J. deltoides* и *J. excelsa* в Крыму (по десятилетиям)

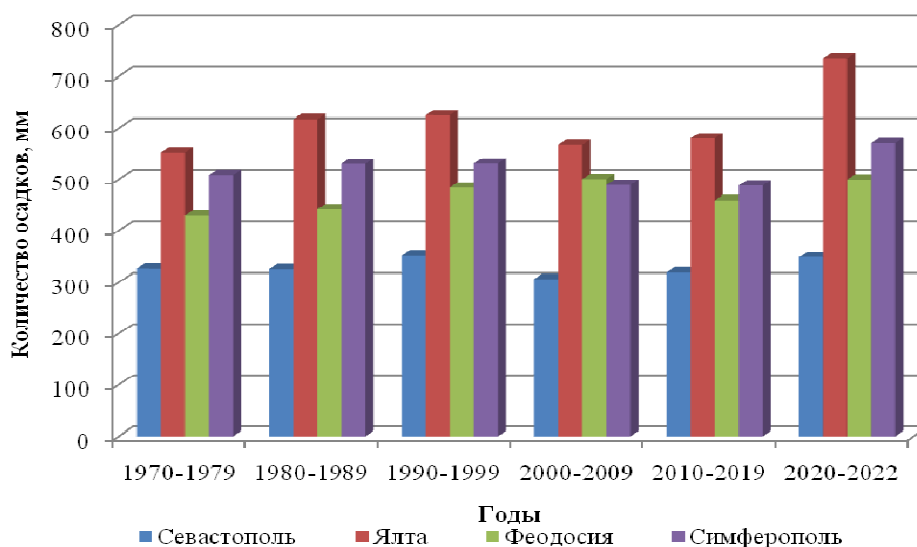


Рис. 3. Годовая сумма осадков регионов произрастания *J. excelsa* в Крыму и Турции (по десятилетиям)

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На процессы естественного возобновления популяций раритетных видов оказывает влияние не только количество подроста, но и его качественные характеристики. Внешне подрост *J. deltooides* развит весьма хорошо, встречается как под материнскими особями, так и на открытых участках (рис. 4а). Диаметр ствола варьирует от 1,12 см (окрестности с. Кудрино) до 3,26 см (г. Папая-Кая). В среднем, этот показатель составляет  $2,47 \pm 0,21$  см. Высота подроста изменяется не так широко – 0,26–1,23 м.



Рис. 2. Особи подроста древовидных можжевельников Крыма, произрастающие на открытых участках

(а) – подрост *J. deltooides* (г. Кара-Даг); б) – подрост *J. excelsa* (г. Самналых))

В результате проведенного однофакторного анализа, установлено, что три абиотических фактора максимально и почти в равной степени влияют на развитие подроста: регион произрастания (31,91 % – диаметр ствола; 46,22 % – высота особей), экспозиция склона (33,94 % – диаметр ствола; 32,50 % – высота особей) и высота мест произрастания над уровнем моря (35,54 % – диаметр ствола; 26,96 % – высота особей).

Выявлено, что минимальный диаметр подроста ( $1,8 \pm 0,09$  см) встречается в высотном диапазоне от 100 до 300 м н.у.м. Кроме низкого уровня осадков на данной высоте чаще всего отмечались антропогенно нарушенные участки древостоев. Здесь же присутствуют и самые низкие особи, средняя высота которых не превышает  $0,36 \pm 0,02$  м.

При определении влияния экспозиции склона на развитие параметров подроста, установлено, что лучше всего он развивается на участках с умеренным температурным режимом – юго-восточной, восточной и западной экспозициями. *J. deltoides* – это достаточно часто подлесковая порода, которая нуждается в значительном затенении и повышенной влажности воздуха, что, в свою очередь, достигается на участках древостоя с данными экспозициями склона.

Среди регионов произрастания *J. deltoides*, наиболее негативно влияют на качество подроста условия Южного берега Крыма. Это может быть связано, как с большой численностью подроста на данных территориях, так и с достаточно высокими среднегодовыми показателями температуры в отличие от других регионов полуострова. В результате чего подрост испытывает угнетение и отстает в росте.

Эдафические и антропогенные факторы в меньшей степени влияют на качество подроста. Сила их влияния составляет 8,60 % и 10,18 %, соответственно, для величины диаметра ствола, а также 8,74 % и 13,51 % для высоты особей. Минимальных размеров достигает подрост на участках с наиболее сложными эдафическими условиями (сухой можжевельный бор). Для данных территорий характерно не только плохое качество подроста, но и низкий уровень естественного возобновления древостоев.

Высокий антропогенный прессинг также негативно сказывается на параметрах подроста. В целом, размеры особей подроста, произрастающих на участках подверженных деятельности человека, ниже на 25 %, чем особей заповедных территорий.

Не смотря на небольшие параметры, значительная часть подроста находится в отличном жизненном состоянии (рис. 5). Необходимо отметить, что в ходе исследования практически не обнаружено особей в неудовлетворительном жизненном состоянии, что может объясняться тем, что ослабленные, по каким-либо причинам, особи погибают на ранних этапах своего развития.



Рис. 3. Соотношение особей подроста *J. deltoides* по классам жизненного состояния

При определении влияния абиотических и антропогенных факторов на качество подроста установлено, во всех случаях отмечается подавляющее большинство особей в отличном жизненном состоянии, на долю которых приходится от 58,83 % до 95,7 % в зависимости от фактора. В удовлетворительном состоянии находится минимальное количество особей подроста. В целом, данный показатель не превышает 8,07 % и отмечен на участках со сложными эдафическими условиями.

Кроме жизненного состояния подроста, критерием устойчивости его самого и вида в целом служит габитуральная характеристика особей [20–22]. В ходе исследований габитуральных особенностей подроста *J. deltoides* установлено, что практически в равной степени подрост характеризуется пирамидальной и раскидистой формами кроны, на их долю приходится 48 % и 41 % соответственно (рис. 6).

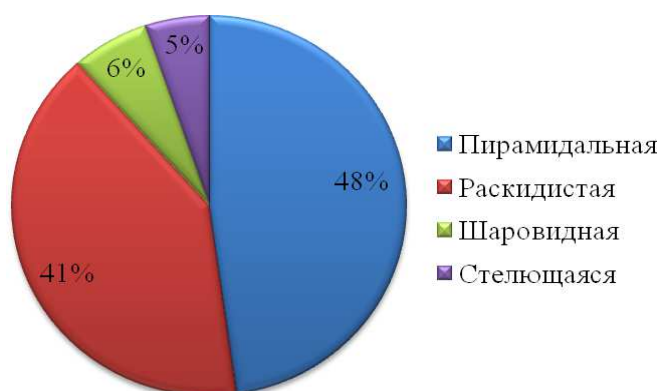


Рис. 6. Соотношение особей подроста *J. deltoides* по формам кроны

Известно, что форма кроны можжевельника незначительно меняется с возрастом. Можжевельник достаточно медленно растущая порода поэтому такие изменения происходят пролонгировано [20, 21, 23]. По данным ряда ученых, форма молодых растений, а в последствии и взрослых особей во многом определяется интенсивностью воздействия на них абиотических и антропогенных факторов [24, 25]. В ходе исследования установлено, что форма кроны *J. deltoides* на прямую зависит от места произрастания особей. Подрост *J. deltoides* произрастающий под пологом материнских деревьев или сопутствующих пород, испытывает угнетение и чаще имеет раскидистую форму, в результате отмирания главного побега и доминирования боковых. Шаровидная форма у подроста представляет собой переходный вариант между раскидистой формой и пирамидальной. Формируется так же в результате угнетения особи, но происходит это путем повреждения главного побега на более позднем этапе развития. При этом, форма кроны не влияет на жизненное состояние подроста, которое в большинстве случаев оценивается как хорошее и отличное.

Пирамидальная форма у подроста чаще встречается на изреженных участках или в чистых древостоях *J. deltoides*, где молодые особи не испытывают угнетения и

в дальнейшем переходят в первый ярус, приобретая вид дерева. В 87,32 % жизненное состояние такого подростка оценивалось как отличное.

Подрост, произрастающий на каменистых крутых склонах подвергается обвалам и камнепадам. В результате постоянного угнетения приобретает стелющуюся форму. Его высота не превышает  $0,25 \pm 0,09$  м и ограничивается выходами материнской породы. Подобное явление ранее отмечалось для подростка *Juniperus foetidissima* Willd. [26].

Подрост *J. excelsa* уступает показателям подростка *J. deltoides* (рис. 4б). В большинстве случаев молодые особи *J. excelsa* встречаются под пологом материнских деревьев и в силу большой конкуренции в «теневой период», развиваются с различной интенсивностью. Диаметр их ствола варьирует в достаточно больших пределах и изменяется от 0,77 см (г. Чирка-Каясы) до 3,75 см (г. Крестовая). Предельные показатели высоты подростка также отличаются почти в 5 раз от 0,3 м до 1,42 м на тех же пробных площадях.

Как и во всех предыдущих исследованиях развития репродуктивной сферы *J. excelsa*, установлено, что данный вид меньше подвержен влиянию внешних факторов. Так, сила влияния абиотических и антропогенных факторов не превышает 28,58 % (влияние региона произрастания древостоев).

Установлено, что наибольшие параметры диаметра ствола и высоты подростка характерны для восточной части ареала, что вполне объяснимо в силу сходства почвенно-климатических условий данного региона и основной части ареала.

Схожее влияние оказывает и высота мест произрастания подростка над уровнем моря. Выявлено, что средние значения параметров молодых особей *J. excelsa* в пределах высотных поясов отличаются незначительно, в пределах ошибки. Однако, стоит отметить, что на максимальной для вида в Крыму высоте (более 1000 м н.у.м.) наблюдается значительное замедление роста. Средний диаметр ствола составляет  $1,12 \pm 0,01$  см, а высота не превышает 0,27 м. Подобное явление объясняется экстремальными для вида условиями, в частности температурным режимом. Кроме того, на г. Тарпан-Баир (1094 м н.у.м.) проживает значительное количество европейских косуль (*Capreolus capreolus* L.). В период исследований отмечались стада численностью до 40 особей. Копытные устраиваются на отдых под деревьями *J. excelsa*, в результате чего вытаптывают произрастающий там подрост. Кроме того, он повреждается осыпающимся грунтом и камнепадами.

В меньшей степени на качество подростка оказывают воздействия эдафические условия мест произрастания. Сила влияния данного фактора составляет 15,58 % (для диаметра ствола) и 13,31 % (для высоты особей). Как и в случае с подростом *J. deltoides*, молодые особи *J. excelsa* хуже развиваются в условиях сухого можжевельового бора. На таких пробных площадях средний диаметр составляет  $1,1 \pm 0,10$  см, а высота –  $0,60 \pm 0,02$  м. Максимального развития подрост достигает на участках сухого можжевельового сугрудка.

Достоверного влияния экспозиции склона и антропогенного воздействия на развитие подростка *J. excelsa* установлено не было. Средние значения диаметра ствола и высоты особей между группами, разделенными в зависимости от фактора, практически не отличаются и находятся в пределах ошибки. Что, в очередной раз,

подтверждает большую толерантность *J. excelsa* к факторам окружающей среды нежели *J. deltoides*.

В целом, подавляющее большинство подростов *J. excelsa* находится в отличном жизненном состоянии, на их долю приходится 63 % (рис. 7). При этом, отмечен подрост в неудовлетворительном состоянии, чего для *J. deltoides* выявлено не было. Доля особей в удовлетворительном состоянии для двух видов одинакова.

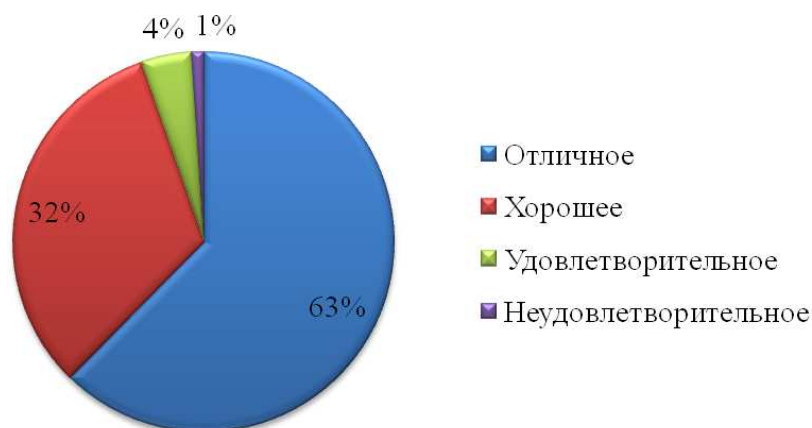


Рис. 7. Соотношение особей подростов *J. excelsa* по классам жизненного состояния

В ходе проведенного анализа установлено, что наибольшее число особей подростов (73,7 %) в отличном жизненном состоянии приурочено к восточной части ареала. Несмотря на то, что в данном регионе *J. excelsa* подвержен интенсивному антропогенному прессингу. В результате чего, можно предположить, что почвенно-климатические условия играют первостепенную роль в процессе жизнедеятельности вида.

Кроме того, выявлено влияние высотного фактора на качество подростов. С увеличением высоты мест произрастания над уровнем моря доля особей в отличном состоянии сокращается больше чем в 10 раз – от 86,7 % (в высотном диапазоне 200–300 м н.у.м.) до 7,1 % (на высоте более 1000 м н.у.м.). Пропорционально возрастает число молодых деревьев в хорошем состоянии – 7,9 % (100–200 м н.у.м.) до 81,5 % (1024 м н.у.м.). Подобное явление можно объяснить тем, что выходя за пределы высотного оптимума произрастания, *J. excelsa* чувствительнее реагирует на влияние абиотических факторов среды. Число подростов в двух других классах жизненного состояния (удовлетворительное и неудовлетворительное) остается на одном уровне вне зависимости от высотного диапазона.

Кроме того, установлено, что соотношение числа особей по классам жизненного состояния в пределах экспозиционных и эдафических групп варьирует несущественно, в результате чего, можно предположить, что данные абиотические факторы не оказывают прямого воздействия на качество подростов.



Особи *J. excelsa* в ходе онтогенеза претерпевают существенных изменений. Соответствие жизненной формы особей видоспецифическим особенностям выступает критерием оценки онтогенетических процессов популяции в целом [23]. В результате чего немаловажно определены габитуральные показатели подроста *J. excelsa*. В ходе исследования установлено, что наибольшее число особей (44 %) имеет пирамидальную форму кроны (рис. 8).

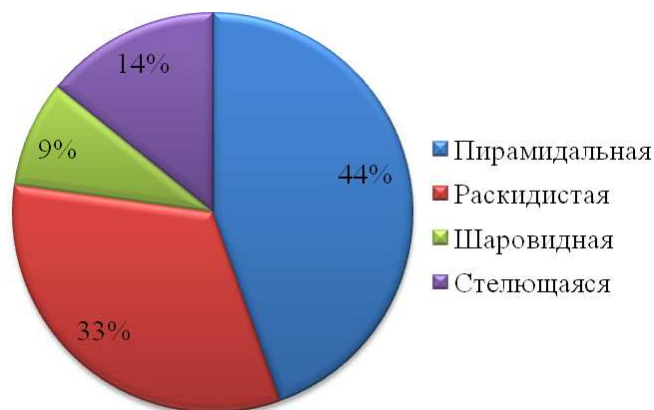


Рис. 8. Соотношение особей подроста *J. excelsa* по формам кроны

Из рисунка 8 видно, что подрост *J. excelsa* почти в 3 раза чаще имеет стелющуюся форму кроны нежели подрост *J. deltoides*. Стелющаяся крона *J. excelsa* чаще всего образуется в результате механического повреждения человеком. Наглядно отражает этот факт, то что на участках с пологим склоном (что в свою очередь, существенно снижает возможность значительного осыпания грунта и камнепада) и высокой антропогенной нагрузкой на долю подроста, имеющего стелющуюся форму кроны приходится 26,2 %.

Высотный фактор так же оказывает значительное влияние на габитус подроста *J. excelsa*. Установлено, что на высоте более 1000 м н.у.м. (верхняя граница распространения вида в Крыму) доля подроста со стелющейся формой кроны составляет 80,5 %, что происходит в результате существенных эрозионных процессов, сильных ветров и длительных понижений температуры в зимний период. Кроме того, в Байдарской долине отмечается большая численность копытных животных, которые, в свою очередь, так же способствуют образованию стелющейся формы посредством интенсивных механических повреждений.

Кроме того, необходимо отметить, что значительная часть генеративных особей *J. excelsa* – это многоствольные деревья со следами повреждений, в далеком прошлом, главного побега. Что свидетельствует о том, что *J. excelsa* обладает высокой жизнеспособностью, в результате которой активизируется значительный рост боковых побегов, замещающих поврежденный главный побег, что является признаком адаптационных процессов в популяции.

Экспозиция склона и эдафические условия мест произрастания не оказывают существенного влияния на габитус *J. excelsa*. Отмечены особи подроста способные развиваться в расщелинах скал с отсутствием почвенного слоя.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований габитуральных особенностей подроста *J. deltooides* выявлено, что практически в равной степени подрост характеризуется пирамидальной и раскидистой формами кроны на их долю приходится 48 % и 41 % соответственно. Подрост *J. excelsa* почти в 3 раза чаще имеет стелющуюся форму кроны нежели подрост *J. deltooides*. Стелящаяся крона *J. excelsa* чаще всего образуется в результате механического повреждения человеком. Высотный фактор так же оказывает значительное влияние на габитус подроста *J. excelsa*. Установлено, что на высоте более 1000 м н.у.м. (верхняя граница распространения вида в Крыму) доля подроста со стелющейся формой кроны составляет 80,5 %.

В ходе исследований выявлено, что диаметр ствола *J. deltooides* варьирует от 1,12 см до 3,26 см. Высота его изменяется не так широко – 0,26–1,23 м. Подрост *J. excelsa* уступает показателям подроста *J. deltooides*. Диаметр его ствола изменяется в достаточно больших пределах от 0,77 см до 3,75 см. Предельные показатели высоты подроста также отличаются почти в 5 раз от 0,3 м до 1,42 м на тех же пробных площадях.

Не смотря на небольшие параметры, значительная часть подроста двух исследуемых видов находится в отличном жизненном состоянии. Однако, установлено, что с увеличением высоты мест произрастания над уровнем моря доля молодых особей *J. excelsa* в отличном состоянии сокращается больше чем в 10 раз – от 86,7 % (в высотном диапазоне 200–300 м н.у.м.) до 7,1 % (на высоте более 1000 м н.у.м.).

В подавляющем большинстве случаев, качество подроста исследуемых видов хорошее и он можно характеризовать как вполне жизнеспособный.

## Список литературы

1. Плугатарь Ю. В. Ялівець високий (*Juniperus excelsa* М.В.) у Гірському Криму / Ю. В. Плугатарь, Н. С. Яриш // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.7 – С. 31–40.
2. Исиков В. П. Методы исследования лесных экосистем Крыма / В. П. Исиков, Ю. В. Плугатарь, В. П. Коба. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2014. – 252 с.
3. Плугатарь Ю. В. Леса Крыма: Монография / Ю. В. Плугатарь. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 385 с.
4. Плугатарь Ю. В. Сезонный рост побегов *Juniperus excelsa* М.-Вієв. в Горном Криму / Ю. В. Плугатарь, О. О. Коренькова, В. П. Коба // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2022. – № 143. – С. 64–71.
5. Adams R. P. The Junipers of the world: The genus *Juniperus*. 4sd ed. / R. P. Adams. – Trafford Publ., Victoria, BC, 2014. – 422 p.
6. Auders A. G. Encyclopedia of Conifers: A Comprehensive Guide to Cultivars and Species / A. G. Auders. – Published by Kingsblue Publishing Limited, 2013. – 1507 p.
7. Eckenwalder J. E. Conifers of the World: The Complete Reference / J. E. Eckenwalder. – Timber Press, 2009. – 744 p.
8. Farjon A. In: An Atlas of the World's conifers. An analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status / A. Farjon, D. Filer. – Brill: Leiden & Boston, 2013. – 512 p.
9. Farjon A. A Handbook of the World's Conifers / A. Farjon. – Brill: Leiden & Boston, 2017. – 1154 p.
10. Садыкова Г. А. Редколесья *Juniperus excelsa* subsp. *Polycarpus* в предгорном Дагестане / Г. А. Садыкова, В. Ю. Нешатаева // Ботанический журнал. – 2020. – Т. 105, № 2. – С. 179–195.
11. Rajcevic N. Epicuticular wax variability of *Juniperus deltooids* R. P. Adams from the central Balkan / N. Rajcevic, T. Dodos, J. Novakovic // Ecology and chemophenetics. – 2020. – Vol. 89. – P. 104008.

12. Yousefi S. Identification of the most suitable afforestation sites by *Juniperus excelsa* species using machine learning models: Firuzkuh semi-arid region, Iran / S. Yousefi, M. Avand, P. Yariyan // Ecological Informatics. – 2021. – Vol. 65. – P. 101427.
13. Красная книга города Севастополя. – Калининград; Севастополь: ИД «РОСТ-ДОАФК», 2018. – 432 с.
14. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / отв. ред. д.б.н., проф. А. В. Ена и к.б.н. А. В. Фатерьяга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
15. Григоров А. Н. Измельчание шишкоягод можжевельника / А. Н. Григоров // Лесное хозяйство. – 1979. – № 8. – С. 62–63.
16. Лакин Г.Ф. Биометрия. / Лакин Г.Ф. – М.: Высшая школа, 1990. – 350 с.
17. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – №4. – С.51–57.
18. Лазарев С. Е. Особенности строения и развитие крон древесных растений рода *Robinia* L. / С. Е. Лазарев, А. В. Семенютин // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. – 2021. – Т. 11, № 1. – С. 69–87.
19. Колесников А. И. Декоративная дендрология / А. И. Колесников. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 704 с.
20. Фарукшина Г. Г. Габитус можжевельника обыкновенного на Южном Урале и в Предуралье / Г. Г. Фарукшина, В. П. Путенихин // Лесоведение. – 2016. – № 4. – С. 305–311.
21. Фарукшина Г. Г. Габитуальные особенности можжевельника казацкого на Южном Урале и в Зауралье / Г. Г. Фарукшина, В. П. Путенихин // Хвойные бореальной зоны. – 2014. – Т. 32, № 5-6. – С. 73–76.
22. Мамаев С. А. Виды хвойных на Урале и их использование в озеленении / С. А. Мамаев. – Свердловск: Изд-во Уральск. НЦ АН СССР, 1983. – 112 с.
23. Киричок Е. И. Онтогенез можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb) в редколесьях Черноморского побережья Крыма и Кавказа / Е. И. Киричок // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2016. – Т. 1, № 3. – С. 1–22.
24. Estell R. E. Controlling One-Seed Juniper Saplings With Small Ruminants: What We Have Learned / R. E. Estell, A. F. Cibils, S. A. Utsumi, D. Stricklan, E. M. Butler, A. I. Fish, A. C. Ganguli // Rangelands. – 2018. – Vol. 40, Iss. 5. – P. 129–135.
25. Серебряков И. Г. Жизненные формы растений и их изучение / И. Г. Серебряков // Полевая геоботаника. – 1964. – Т. 3. – С. 146–205.
26. Коренькова О. О. Особенности естественного возобновления крымской популяции *Juniperus foetidissima* Willd. / О. О. Коренькова // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2014. – Т. 27(66), № 5. Спецвыпуск – С. 63–69.

**THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE  
DEVELOPMENT OF UNDERGROWTH INDIVIDUALS OF TREE-LIKE  
JUNIPERS IN CRIMEA**

***Korenkova O. O.***

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia  
E-mail: o.o.korenkova@mail.ru*

In the natural flora of the Crimea, there are more than 190 species of trees and shrubs, of which 14 are forest-forming, including two representatives of the genus *Juniperus* L. – *Juniperus deltoides* R.P. Adams and *Juniperus excelsa* M.-Bieb.

Outwardly, the undergrowth of *J. deltooides* is quite well developed; it occurs both under maternal specimens and in open areas. The diameter of the trunk varies from 1.12 cm to 3.26 cm. On average, this figure is  $2.47 \pm 0.21$  cm. The height of the undergrowth varies not so widely – 0.26–1.23 m.

Despite the small parameters, a significant part of the undergrowth is in excellent vital condition. It should be noted that in the course of the study, practically no individuals were found in an unsatisfactory life condition, which can be explained by the fact that individuals weakened for any reason die at the early stages of their development.

In addition to the vital state of undergrowth, the habitual characteristic of individuals serves as a criterion for the stability of the undergrowth itself and the species as a whole. In the course of studies of the habitual features of the undergrowth of *J. deltooides*, it was found that the undergrowth is almost equally characterized by pyramidal and sprawling crown forms, they account for 48 % and 41 %, respectively.

*J. excelsa* undergrowth is inferior to *J. deltooides* undergrowth. The diameter of their trunk varies within fairly large limits and varies from 0.77 cm to 3.75 cm. The limit values of undergrowth height also differ by almost 5 times from 0.3 m to 1.42 m on the same trial plots.

In general, the vast majority of *J. excelsa* undergrowth is in excellent vital condition, accounting for 63 %. With an increase in the height of habitats above sea level, the proportion of individuals in excellent condition decreases by more than 10 times – from 86.7 % (in the altitude range of 200–300 m a.s.l.) to 7.1 % (at an altitude of more than 1000 m above sea level). The number of young trees in good condition increases proportionally from 7.9 % (100–200 m a.s.l.) to 81.5 % (1024 m a.s.l.). This phenomenon can be explained by the fact that, going beyond the altitude optimum of growth, *J. excelsa* reacts more sensitively to the influence of abiotic environmental factors. The number of undergrowth in the other two classes of life status (satisfactory and unsatisfactory) remains at the same level, regardless of the altitude range.

*J. excelsa* undergrowth has a creeping crown shape almost 3 times more often than *J. deltooides* undergrowth. The creeping crown of *J. excelsa* is most often formed as a result of mechanical damage by a person. This fact is clearly reflected in the fact that in areas with a gentle slope (which, in turn, significantly reduces the possibility of significant soil shedding and rockfall) and a high anthropogenic load, the share of undergrowth with a creeping crown shape is 26.2 %.

The altitude factor also has a significant effect on the habitus of *J. excelsa* undergrowth. It was found that at an altitude of more than 1000 m a.s.l. (the upper limit of the distribution of the species in the Crimea), the proportion of undergrowth with a creeping crown shape is 80.5 %, which occurs as a result of significant erosion processes, strong winds and prolonged temperature drops in winter.

**Keywords:** *Juniperus deltooides* R. P. Adams, *Juniperus excelsa* M. Bieb., undergrowth, natural regeneration, abiotic factors, Mountainous Crimea.

## References

1. Plugatar Yu. V., Yarysh N. S. High Juniper (*Juniperus excelsa* M.B.) in the Mountainous Crimea, *Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*, **20(7)**, 31 (2010).

2. Isikov V. P., Plugatar Yu. V., Koba V. P. *Research methods of forest ecosystems of the Crimea*. pp. 252 (IT "ARIAL", Simferopol, 2014).
3. Plugatar Yu. V. *Forests of Crimea: Monograph*. pp. 385 (IT "ARIAL", Simferopol, 2015).
4. Plugatar Yu. V., Korenkova O. O., Koba V. P. Seasonal shoot growth of *Juniperus excelsa* M.-Bieb. in the Mountainous Crimea, *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden*, **143**, 64 (2022).
5. Adams R. P. *The Junipers of the world: The genus Juniperus. 4sd ed.* pp. 422 (Trafford Publ., Victoria, BC, 2014).
6. Auders A. G. *Encyclopedia of Conifers: A Comprehensive Guide to Cultivars and Species*. pp. 1507 (Published by Kingsblue Publishing Limited, 2013).
7. Eckenwalder J. E. *Conifers of the World: The Complete Reference*. pp. 744 (Timber Press, 2009).
8. Farjon A. *In: An Atlas of the World's conifers. An analysis of their distribution, biogeography, diversity and conservation status*. pp. 512 (Brill: Leiden & Boston, 2013).
9. Farjon A. *A Handbook of the World's Conifers*. pp. 1154 (Brill: Leiden & Boston, 2017).
10. Sadykova G. A., Neshataeva V. Yu. Woodlands of *Juniperus excelsa* subsp. *Polycarpus* in foothill Dagestan, *Botanical journal*, **105(2)**, 179 (2020).
11. Rajcevic N., Dodos T., Novakovic J. Epicuticular wax variability of *Juniperus deltoides* R.P. Adams from the central Balkan, *Ecology and chemophenetics*, **89**, 104008 (2020).
12. Yousefi S., Avand M., Yariyan P. Identification of the most suitable afforestation sites by *Juniperus excelsa* specie using machine learning models: Firuzkuh semi-arid region, Iran, *Ecological Informatics*, **65**, 101427 (2021).
13. *Red book of the city of Sevastopol*. pp. 432 (Publishing House "ROST-DOAFK", Kaliningrad; Sevastopol, 2018).
14. *Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi*. pp. 480 (IT "ARIAL", Simferopol, 2015).
15. Grigorov A. N. Grinding juniper cones, *Forestry*, **8**, 62 (1979).
16. Lakin G. F. *Biometrics*. pp. 350 (Higher school, Moscow, 1990).
17. Alekseev V. A. Diagnostics of the vital state of trees and stands, *Forestry*, **4**, 51 (1989).
18. Lazarev S. E., Semenyutina A. V. Features of the structure and development of crowns of woody plants of the genus *Robinia* L., *Science. Thought: electronic periodical*, **11(1)**, 69 (2021).
19. Kolesnikov A. I. *Decorative dendrology*. pp. 704 (Lesnaya prom-st, Moscow, 1974).
20. Farukshina G. G., Putenikhin V. P. The habitus of common juniper in the Southern Urals and the Urals, *Forestry*, **4**, 305 (2016).
21. Farukshina G. G., Putenikhin V. P. Habitual features of the Cossack juniper in the Southern Urals and the Trans-Urals, *Conifers of the boreal zone*, **32(5-6)**, 73 (2014).
22. Mamaev S. A. *Types of conifers in the Urals and their use in landscaping*. pp. 112 (Publishing House Uralsk. Scientific Center of the Academy of Sciences of the USSR, Sverdlovsk, 1983).
23. Kirichok E. I. Ontogeny of the high juniper (*Juniperus excelsa* M. Viev) in the woodlands of the Black Sea coast of the Crimea and the Caucasus, *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, **1(3)**, 1 (2016).
24. Estell R. E., Cibils A.F., Utsumi S.A., Stricklan D., Butler E.M., Fish A.I., Ganguli A.C. Controlling One-Seed Juniper Saplings With Small Ruminants: What We Have Learned, *Rangelands*, **40(5)**, 129 (2018).
25. Serebryakov I. G. Life forms of plants and their study, *Field Geobotany*, **3**, 146 (1964).
26. Korenkova O. O. Peculiarities of natural renewal of the Crimean population of *Juniperus foetidissima* Willd., *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Series: Biology, chemistry*, **27(66),5**, 63 (2014).

**УДК 159.91:355.232.6**

## **КОНТРОЛЬ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ- РУКОПАШНИКОВ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПО ДАННЫМ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА**

*Кузнецов В. Д.<sup>1</sup>, Аржаков В. В.<sup>2</sup>, Черный В. С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Воздушно-десантные войска, Псков, Россия*

<sup>2</sup>*Военный институт физической культуры, Санкт-Петербург, Россия*

*E-mail: KuznetsovVDedu@yandex.ru*

В статье представлены результаты исследования функционального состояния военнослужащих-«рукопашников» в предсоревновательном периоде (21 день), готовящихся к выступлению на конкурсе военно-полевой выучки «Десантный взвод». Данные состязания носят комплексный характер, и сложность подготовки к данному конкурсу заключается в том, что помимо проведения соревновательных схваток по правилам армейского рукопашного боя, военнослужащие-рукопашники также должны быть готовы выступить на высоком уровне и по другим дисциплинам конкурса: вождение боевых машин; марш-броски на 5 и 10 км со стрельбой из автоматов, пулеметов и гранатометов; десантирование; преодоление естественных и искусственных препятствий; ориентирование на местности. Современные аппаратно-программные комплексы по анализу функционального состояния должны помочь в сопровождении спортсменов на всех этапах подготовки и выступления.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, тактико-техническая подготовленность «рукопашников», «Десантный взвод», предсоревновательный период подготовки.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Конкурс военно-полевой выучки «Десантный взвод» — это много комплексный вид состязаний, направленных на развитие и совершенствование профессионально важных навыков и умений воинов-десантников, включающих в себя стрельбу из штатного оружия, ускоренное передвижение в составе подразделения с преодолением естественных и искусственных препятствий, десантирование, выполнение учебных задач на боевой технике, ориентирование на местности и ведение рукопашной схватки [1, 2].

Рукопашная схватка проходит по правилам армейского рукопашного боя. Главной особенностью армейского рукопашного боя можно считать использование специальной экипировки (шлем со стальной решёткой, футы на стопу и голень, защитный жилет, специальные перчатки-краги, кимоно) военнослужащих и обширный арсенал приемов и действий, разрешенных в схватке (в том числе добивание соперника ногой по голове). В конкурсе представлены четыре весовые категории до 65 кг, до 75 кг, до 85 кг и свыше 85 кг [3, 4].

Перечисленные выше особенности требуют от военнослужащих высокого уровня технической, тактической, функциональной и физической подготовленности. Достижение необходимого уровня подготовленности осложняется участием военнослужащих в других дисциплинах конкурса, которое влечет за собой не только большое физическое перенапряжение, но и воздействие вредных факторов военной службы (от вибрации и сильных шумов до воздействия угарных и пороховых газов) [1–5]. Данные факторы влияют на все системы организма, значительно снижая функциональное состояние военнослужащих-«рукопашников», что требует от специалистов физической подготовки и медицинской службы особого контроля за состоянием здоровья членов команды [6]. Хотя положением о проведении конкурса и предусмотрены запасные участники, выпадение из тренировочного процесса каждого военнослужащего, в особенности лидеров команды, влечет за собой снижение общего результата команды- участницы.

Актуальность темы. Своевременная оценка функционального состояния с помощью современных аппаратно-программных комплексов по анализу вариабельности сердечного ритма должна помочь в корректировке планов подготовки военных спортсменов- «рукопашников», а также снизить возможность травмирования военнослужащих [9, 7, 1, 2, 10].

Оценкой функционального состояния на основе вариабельности сердечного ритма занимались с 1960-х годов академик В. В. Парин и профессор Р. М. Баевский, с 2009 года по настоящее время работу в этом направлении ведут такие ученые как Шлык Н. И., Брук Т. М., Литвин Ф. Б., Гаврилова Е. А., Щуров А. Г. и другие [7, 1, 19, 13–15].

Однако, отдавая должное авторам этих исследований, надо отметить, что рассмотрение вопросов оценки функционального состояния организма военнослужащих-«рукопашников» воздушно-десантных войск в предсоревновательном мезоцикле по подготовке к конкурсу военно-полевой выучки «Десантный взвод» с помощью современных средств диагностики, позволяющих осуществлять групповое обследование, нами не обнаружено.

Цель работы – оценить функциональное состояние военных спортсменов-«рукопашников», выступающих на конкурсе военно-полевой выучки «Десантный взвод», по данным вариабельности сердечного ритма в предсоревновательном периоде.

Задачи исследования:

1. оценить уровень тактико-технической и физической подготовленности спортсменов-десантников в армейском рукопашном бое;
2. изучить функциональное состояние организма военнослужащих-«рукопашников» по данным вариабельности сердечного ритма в состоянии относительного физиологического покоя;
3. исследовать с помощью анализа показателей вариабельности сердечного ритма функциональное состояние организма участников конкурса «Десантный взвод» в дисциплине «рукопашная схватка» на протяжении предсоревновательного мезоцикла.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на протяжении 21 одного дня предсоревновательного этапа подготовки к конкурсу «Десантный взвод». В работе приняли участие 24 военнослужащих из 3-х команд-участниц конкурса, по 8 человек с каждой команды. Средний возраст военнослужащих-«рукопашников» составил  $24 \pm 3,1$  года.

Исследование включало в себя 4 этапа (рисунок 1):

**Этап организации исследования.** На данном этапе были сформулированы цели и задачи исследования, подобраны методы проведения экспериментальной части работы, произведен отбор кандидатов, с которыми проведено анкетирование и антропометрия.

**Этап эксперимента.** Здесь проводилась первичная оценка тактико-технической подготовленности (ТТП) и физической подготовленности (ФП) военных спортсменов. Далее, на протяжении всего предсоревновательного мезоцикла, осуществлялась оценка функционального состояния организма десантников с помощью анализа ритма сердца. По окончании микроцикла гликолитической направленности приводилась повторная оценка ТТП и ФП военнослужащих участников конкурса.



Рис. 1. Модель исследования.

**Этап математической обработки результатов** включал в себя анализ данных, полученных с помощью статистических критериев, и сравнение средних значений полученных результатов.



**Этап анализирующий.** На данном этапе формировались выводы исследования и разрабатывались практические рекомендации.

Тактико-техническая подготовленность военных-«рукопашников» оценивалась с помощью анкеты «Оценка показателей ТТП бойцов армейского рукопашного боя», основанной на анализе видеозаписей учебных, контрольных и соревновательных схваток. Данная анкета включает в себя оценку технических действий в стойке и партере при выполнении защитных и атакующих действий [3, 16].

Физическая подготовленность бойцов-«рукопашников» оценивалась с помощью тестов: акробатического, силового, скоростно-силового, функционального. Тест акробатический оценивается по затраченному времени на выполнение всех движений и включает в себя последовательное выполнение гимнастических упражнений: от линии старта выполнить длинный кувырок, кувырок с выполнением подъем разгибом, кувырок назад с выходом в стойку на руки, встать на ноги лицом к исходному рубежу, выполнить колесо, выполнить рандат, пересекая линию старта. Силовой тест оценивается по количеству выполненных движений и включает в себя «жим штанги лежа на горизонтальной скамье» (вес штанги равен весу спортсмена). Скоростно-силовой тест оценивается по количеству выполненных бросков борцовского мешка за 15 секунд. Функциональный тест заключается в выполнении теста Купера, оценивается по количеству затраченного времени при выполнении четырех кругов, состоящих из четырех последовательных упражнений (сгибание и разгибание рук в упоре лежа, из упора лежа прыжком принять упор присев, упражнение «книжка», выпрыгивание вверх из полного приседа) по десять повторений в каждом.

Анализ вариабельности сердечного ритма проводился в утреннее часы. Перед обследованием военнослужащие-«рукопашники» находились 15 минут в неподвижном состоянии. Полученные результаты заносились в индивидуальный протокол. Запись кардиоритмограммы проходила в течение 300 кардиоциклов в клиностазе и ортостазе. Проводили оценку спектральных показателей ВСР, рассчитывали частотные параметры мощности в ультранизкочастотном (VLF, мс) диапазоне, анализировали общую мощность спектра (TP, мс), а также оценивали индекс напряжения (SI, у.е.) [19, 13–15]

В работе использовались следующие математико-статистические методы: критерий Колмогорова-Смирнова (при проведении проверки количественного характера признака на нормальность распределения); однофакторный дисперсионный анализ – для сравнения результатов между группами; t-критерий Стьюдента для парных выборок (сравнение количественных признаков при выполнении условия их равенства) – для сравнения результатов внутри команды, в случае сравнения результатов качественных признаков дополнительно применялись Хи-квадрат Пирсона с поправкой на достоверность – для сравнения результатов между группами и критерий Мак-Нимара – для сравнения результатов внутри команды. Различия между группами считали достоверными при минимальном уровне значимости  $p < 0,05$  [17]. Вся математико-статистическая обработка материалов проводилась с помощью программы STATISTICA 10.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследования нами было проведено анкетирование военных спортсменов и изучены их антропометрические показатели. По данным антропометрического исследования индекс массы тела всех испытуемых составил  $27,3 \pm 0,86$  у.е., средний % содержания жировой ткани составил  $14,2 \pm 2,3$  %. Уровень спортивной подготовленности десантников представлен на рисунке 2.

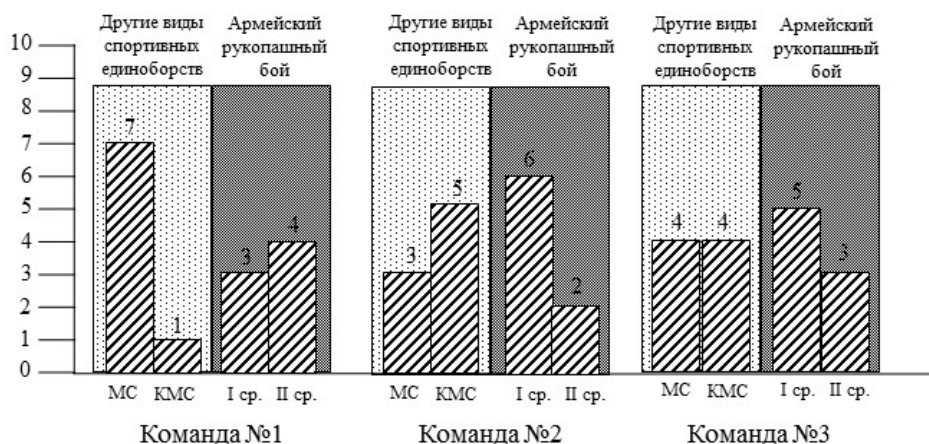


Рис. 2. Распределение уровня спортивной подготовленности военных «рукопашников» в командах-участницах конкурса «Десантный взвод»

Всего в командах участницах было 14 мастеров спорта и 10 кандидатов в мастера спорта по различным спортивным единоборствам (спортивный рукопашный бой, панкратион, греплинг, САМБО, бокс, дзюдо). Также все участники имеют разряды по армейскому рукопашному бою.

**Таблица 1.**  
**Результаты оценки тактико-технической и физической подготовленности военнослужащих-«рукопашников» покомандной**

Тесты	M±m			p
	Команда №1 n=8	Команда №2 n=8	Команда №3 n=8	
ТТП, у.е.	16,7±0,81	17,1±0,52	16,9±0,24	0,15
Акробатический, с	14,4±1,7	16,2±2,2	14,6±1,8	0,08
Жим лежа, кол-во	22,6±1,1	22,4±1,72	25,5±3,4	0,062
Броски, кол-во	6,17±0,14	8,1±0,46	6,91±0,51	0,15
Купера, с	211,6±13,6	202,1±21,6	201,4±19,17	0,09

Второй этап исследования начинался с оценки тактико-технической подготовленности, физической подготовленности и функционального состояния организма военнослужащих в относительном состоянии покоя.

Оценка тактико-технической подготовленности производилась с помощью изучения видеозаписей контрольных схваток между военнослужащими. Результаты оценки представлены в таблице 1. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что команды в ТТП сопоставимы между собой и находятся на хорошем уровне.

Тесты по оценке физической подготовленности показали, что ловкостные, силовые, скоростно-силовые и функциональные способности находятся в отличном состоянии у всех военнослужащих в каждой команде.

Первичное исследование функционального состояния организма военнослужащих-«рукопашников» с помощью вариабельности сердечного ритма помогло установить, что, согласно полученным данным, ЧСС в среднем составляла 54 удара в минуту, т.е. наблюдалось незначительное урежение частоты сердечных сокращений. Так же установлено, что у военнослужащих до предсоревновательного мезоцикла показатели ВСР находились в состоянии относительного баланса, отмечалось оптимальное влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистые подкорковые центры, нейрогуморальные и метаболические уровни регуляции [12, 11].

Ежедневный анализ вариабельности ритма сердца выявил у военнослужащих определенные вегетативные реакции, характеризующие перестройку периферического аппарата сердечно-сосудистой системы у исследуемых [10]. Наблюдается достоверная ( $p < 0,05$ ) активация симпатического отдела вегетативной нервной системы: снижение показателей SDNN, мс ( $169,92 \pm 32,28$  мс и  $143,78 \pm 27,32$  мс в клиностазе и ортостазе соответственно), rMSSD ( $33,45 \pm 6,36$  мс и  $29,45 \pm 5,6$  мс в клиностазе и ортостазе соответственно), рNN50, % ( $15,05 \pm 2,86$  и  $13,01 \pm 2,47$  в клиностазе и ортостазе соответственно).

Спектральный анализ полученных результатов свидетельствует о достоверном ( $p < 0,05$ ) снижении выраженности мощностей высокочастотных составляющих спектра и увеличение мощности низкочастотных волн, что является следствием снижения роли автономного контура регуляции кардиоритма и доминирования центрального контура [10].

Достоверное снижение с  $815,47$  мс<sup>2</sup> до  $340,84$  мс<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ) доли дыхательной составляющей спектра указывает на смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического отдела [10, 13–15].

Отмечено увеличение низкочастотного компонента спектра LF и VLF до  $2840,36$  мс<sup>2</sup> и  $2471,11$  мс<sup>2</sup> соответственно.

Колебание амплитуды VLF в сторону увеличения значений тесно связано с психоэмоциональным напряжением и функциональным состоянием коры головного мозга. Повышение по сравнению с исходными значениями показателя VLF можно трактовать как гиперадаптивное состояние, развившееся вследствие больших физических нагрузок, что свидетельствует о возможной перетренированности [19, 14].

Рабочая группа в составе специалистов физической подготовки и медицинских работников порекомендовала тренерскому штабу 1 команды увеличить отдых военнослужащих-«рукопашников» за счет утренней физической зарядки; второй команде было порекомендовано, помимо увеличения времени отдыха спортсменов, заменить несколько скоростно-силовых тренировок на игровые, но с элементами приемов борьбы [4–10].

Из результатов, представленных в таблице 2, видно, что в первые дни предсоревновательного мезоцикла у военнослужащих-«рукопашников» наблюдались дизрегуляторные проявления функционирования организма, которые можно объяснить чрезмерным физическим и психическим напряжением, обусловленным подготовкой сразу к нескольким военно-спортивным состязаниям, а также с воздействием множества неблагоприятных факторов военной службы, непривычными условиями тренировочного процесса [9, 5, 15].

**Таблица 2.**

**Сравнительная характеристика средних показателей вариабельности  
сердечного ритма у исследуемых военнослужащих в 4-й и 9-й день  
предсоревновательного мезоцикла**

Команды		TP, мс		VLF, мс		SI, у.е.	
		4-й день	9-й день	4-й день	9-й день	4-й день	9-й день
№1	лежа	5723,5±472,1	4990,1±119,1	2269,4±181,7	1481,7±142,7	47,3±0,7	42,9±1,2
	стоя	3928,2±271,5	3566,1±80,1	1812,6±154,4	1829,3±121,4	81,5±1,6	103,9±1,1
	p	0,01	0,02	0,001	0,017	0,05	0,001
№2	лежа	5841,2±493,9	5043,6±72,8	2165,9±196,7	1378,7±141,5	48,02±1,4	42,6±1,3
	стоя	3697,4±351,7	4153,5±84,1	1799,7±171,7	1712,2±136,3	80,8±1,5	99,8±0,7
	p	0,046	0,05	0,001	0,01	0,01	0,01
№3	лежа	5582,7±422,2	4852,8±75,3	2547,5±21,5	1569,3±212,3	45,3±1,1	44,4±1,3
	стоя	3977,6±371,5	3585,08±73,6	1800,2±101,4	2019,5±13,8	81,2±1,3	107,5±0,8
	p	0,01	0,001	0,05	0,012	0,006	0,022

Своевременное вмешательство в тренировочный процесс помогло выправить регуляторные процессы у представителей 1 и 2 команды. Военнослужащие третьей команды были подвержены факторам перетренированности, и часть людей на несколько дней выбыла из тренировочного процесса. Результаты контрольного учебно-тренировочного занятия военнослужащих-«рукопашников» предсоревновательного мезоцикла представлены в таблице 3.

По итогу проведенных контрольных тренировок можно сделать вывод, что все команды в среднем улучшили свои первоначальные результаты. Тактико-техническая подготовленность спортсменов первой команды улучшилась на 3,1%; второй команды – на 3,9% и на 1,2% у спортсменов третьей команды. Результаты тестов на физическую подготовленность тоже имели положительные, значимые (при 0,05) изменения. Так в тесте «акробатический» военнослужащие первой команды улучшили свои результаты на 0,6 с; «рукопашники» второй команды – на 1,9 с; представители третьей команды улучшили свои результаты в тесте на ловкость на 0,5 с. В тесте на силу первая команда выполнила упражнение в среднем на 4

повторения больше, чем в начале эксперимента; вторая команда – на 6,2 повторения; военнослужащие третьей команды – всего лишь в среднем на 0,1 повторения. В упражнении для проверки скоростно-силовых показателей военнослужащие команд в среднем улучшили свои результаты на 1,43; 1,45 и 0,07 броска за 15 секунд. В тесте Купера спортсмены-«рукопашники» первой команды улучшили свой результат на 20,2 с; второй команды на 15 с; третьей команды – на 7 с.

**Таблица 3.**

**Результаты оценки тактико-технической и физической подготовленности  
военнослужащих-«рукопашников» на контрольной тренировке  
предсоревновательного мезоцикла**

Тесты	M±m			p
	Команда №1 n=8	Команда №2 n=8	Команда №3 n=8	
ТТП, у.е.	17,2±0,44	17,8±1,02	17,1±0,32	0,05
Акробатический, с	13,8±0,19	14,3±0,46	14,1±0,36	0,17
Жим лежа, кол-во	26,6±2,2	28,6±1,56	25,6±2,3	0,05
Броски, кол-во	7,6±0,54	9,55±0,59	6,98±0,34	0,005
Купера, с	191,3±8,7	186,4±9,7	194,4±11,2	0,021

Необходимо отметить, что все военнослужащие, участвующие в исследовании, имели высокий уровень спортивного мастерства в различных единоборствах, а также высокий уровень подготовленности в армейском рукопашном бое, что подтверждается результатами входного контроля (таблица 1). В связи с этим, результатом предсоревновательного мезоцикла стал незначительный, но достоверный (за исключением средних результатов спортсменов команды №3 в силовом и скоростно-силовом тесте), рост спортивной подготовленности.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Тактико-техническая подготовленность военнослужащих-«рукопашников», участвующих в конкурсе военно-полевой выучки, имеют хороший уровень подготовки в армейском рукопашном бою. Правильно организованный тренировочный процесс позволяет постепенно совершенствовать физические способности и техническую подготовленность спортсменов.

Первичный анализ вариабельности сердечного ритма показал, что перед предсоревновательным мезоциклом организм спортсменов-«рукопашников» находится в состоянии поддержания активного равновесия со средой. Напряжение регуляторных систем – оптимальное.

Контроль функционального состояния военнослужащих команд-участниц конкурса помог своевременно определить присутствие перенапряжения регуляторных систем, характеризующихся формированием недостаточности защитно-приспособительных механизмов и их неспособностью обеспечить

адекватную реакцию на воздействие внешних факторов (физического перенапряжения, вредных факторов военной службы). Своевременная корректировка планов тренировок первой команды (изменение распорядка дня) и второй команды (изменение распорядка дня и включение игровых тренировок) помогли улучшить состояние регуляторных систем, что в свою очередь повлияло на более высокий рост развития физических качеств, тактической и технической подготовленности спортсменов. Оставленное без внимания напряженное функциональное состояние третьей команды не дало возможности максимального роста спортивных показателей спортсменов.

Исследование показало, что своевременное снижение нагрузки, основанное на показателях анализа вариабельности сердечного ритма, помогает избежать перетренированности организма, а вовремя измененный план, внедрение упражнений, которые помогают задействовать другие двигательные единицы, и применение подвижных и спортивных игр на этапе предсоревновательной подготовки влекут за собой положительный рост результатов (таблица 3). Полученные данные, вне всяких сомнений, говорят о необходимости дальнейшего поиска и реализации современных подходов в организации и проведении тренировочных мероприятий и повышении адаптационных возможностей организма военнослужащих к сложным многокомплексным состязаниям по военно-полевой выучке, наподобие конкурса «Десантный взвод».

#### **Список литературы**

1. Волосков Д. А. Особенности физической подготовки военнослужащих воздушно-десантных войск к участию в международном конкурсе военно-профессионального мастерства "десантный взвод" / Д. А. Волосков, Г. В. Волоскова // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 4(170). – С. 70–73.
2. Кузнецов В. Д. Оценка функционального состояния и его регулирование у военнослужащих воздушно-десантных войск, выполняющих учебно-боевые задачи в соревновательных условиях средствами физической подготовки / В. Д. Кузнецов, В. С. Медянцева, В. А. Гинжелев // Человеческий капитал. – 2023. – № 3(171). – С. 231–237. – DOI 10.25629/НС.2023.03.25.
3. Ариткулов, А. Х. Тактическая подготовка спортсмена-рукопашника в предсоревновательный период / А. Х. Ариткулов, Д. А. Ариткулов // Сборник статей итоговой научной конференции профессорско-преподавательского состава Военного института физической культуры за 2017 г : Сборник статей научной конференции, Санкт-Петербург, 13–14 марта 2018 года. – Санкт-Петербург: Военный институт физической культуры, 2017. – С. 15–17.
4. Кузнецов В. Д. Армейский рукопашный бой в конкурсе Международных армейских игр «Десантный взвод» / В. Д. Кузнецов, В. В. Романов, И. Е. Васильков // Подготовка единоборцев: теория, методика и практика : Материалы X Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию создания органов управления в сфере физической культуры и спорта, Чайковский, 31 марта – 01 апреля 2023 года / Под общей редакцией В.В. Зибзеева. – Чайковский: Чайковский государственный институт физической культуры, 2023. – С. 118–121.
5. Курьянович Е. Н. Физиология человека: / Е. Н. Курьянович, Т. И. Вихрук, Е. Д. Марцинкевич, А. Ф. Апенков. // Учебное пособие. – СПб.: ВИФК, МО РФ, 2014. – С. 182
6. Карпов В. Ю. Функциональные особенности дыхательной системы у рукопашников / В. Ю. Карпов, И. Н. Медведев, А. А. Жукова, Э. Ш. Петина // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2022. – № 6(208). – С. 167–172. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2022.6.p167-172.

7. Агаджанян Н. А. Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям вариабельности сердечного ритма / Н. А. Агаджанян, Т. Е. Батоцыренова, Ю. Н. Семенов [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 1. – С. 2–4.
8. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. Новые методы электрокардиографии под ред. С. В. Грачева, А. Л. Сыркина. / Р. М. Баевский Г. Г. Иванов. - М.: Техносфера, 2007. – С. 474–496.
9. Гаврилова Е. А. Вариабельность ритма сердца и спорт: монография (3-е издание, дополненное) / Е. А. Гаврилова. – СПб, Институт спорта и здоровья. – 2018. – 186 с.
10. Кузнецов В. Д. Применение модели оценки и регулирования функционального состояния военнослужащих воздушно-десантных войск в условиях высокогорья для самбистов в горной местности / В. В. Романов, И. Е. Васильков, А. В. Ткаченко // Интеграция науки и спортивной практики в единоборствах : Материалы XXII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции молодых ученых, посвящённой памяти заслуженного мастера спорта СССР, заслуженного тренера СССР, профессора Евгения Михайловича Чумакова, Москва, 16 февраля 2023 года. – Москва: Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, 2023. – С. 130–134.
11. Степанов М. Ю. Влияние соревновательной деятельности в тайском боксе на психоэмоциональное напряжение с позиции вариабельности сердечного ритма / М. Ю. Степанов, А. А. Скворцов, В. Ю. Ильин // Подготовка единоборцев: теория, методика и практика: Сборник материалов VI Всероссийской научно-практической конференции, Чайковский, 06 апреля 2018 года / Под редакцией В. В. Зибзеева. – Чайковский: Чайковский Государственный Институт Физической Культуры, 2018. – С. 101–104.
12. Литвин Ф. Б. Оценка соревновательной выносливости баскетболистов по данным вариабельности сердечного ритма / Ф. Б. Литвин, Т. М. Брук, К. А. Кротова // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6, № 2(19). – DOI 10.51871/2588-0500\_2022\_06\_02\_7.
13. Семенов Ю. Н. Использование методов анализа ВСР при планировании уровня физических нагрузок / Ю. Н. Семенов // Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс "Готов к труду и обороне (ГТО)" и массовый спорт в системе здорового образа жизни населения. Материалы международной научно-практической конференции. Электронное издание. – 2016. – С. 149–155.
14. Шлык Н. И. Вариабельность сердечного ритма и методы ее определения у спортсменов в тренировочном процессе : методическое пособие / Н. И. Шлык. – Ижевск : Удмуртский государственный университет, 2022. – 80 с.
15. Щуров А. Г. Результаты динамических исследований функционального состояния и физической подготовленности курсантов первого курса вуза в период общевоинской подготовки / А. Г. Щуров // Актуальные проблемы физической и специальной подготовки силовых структур. – 2022. – № 4. – С. 267–272.
16. Эрайзер С. Л. Функциональное состояние бойцов-рукопашников в подготовительном периоде годичного цикла / С. Л. Эрайзер // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 1. – С. 53–57.
17. Щербак А. П. Математико-статистическая обработка материалов научной и методической деятельности: учебное пособие для студентов специальности "Физическая культура" / А. П. Щербак. – Рыбинск: ЯГПУ, 2007.
18. Михалюк Е. Л. Сравнительная характеристика вариабельности сердечного ритма, центральной гемодинамики и физической работоспособности пловцов, различающихся по квалификации / Е. Л. Михалюк // Российский кардиологический журнал. – 2020. – Т. 25, № S2. – С. 34.
19. Шлык Н. И. Оценка патологической брадикардии в покое и ортостазе у спортсменов по результатам анализа вариабельности сердечного ритма / Н. И. Шлык // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2023. – № 1(43). – С. 87–93.
20. Путилин Л. В. Влияние качества сна и физической работоспособности на вариабельность сердечного ритма студентов / Л. В. Путилин // Modern Science. – 2020. – № 12-2. – С. 224–226.

**CONTROL OF THE TRAINING PROCESS OF MILITARY HAND-TO-HAND  
COMBAT PERSONNEL BASED ON THE ASSESSMENT OF THE  
FUNCTIONAL STATE ACCORDING TO HEART RATE VARIABILITY**

*Kuznetsov V. D.<sup>1</sup>, Arzhakov V. V.<sup>2</sup>, Cherny V. S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Airborne troops, Pskov, Russia*

<sup>2</sup>*Military Institute of Physical Culture, St. Petersburg, Russia*

*E-mail: KuznetsovVDedu@yandex.ru*

The article presents the results of a study of the functional state of military personnel-«hand-to-hand» in the pre-competition period (21 days), preparing to perform at the military field training competition «Landing Platoon». These competitions are complex in nature, and the complexity of preparing for this competition lies in the fact that, in addition to conducting competitive fights according to the rules of army hand-to-hand combat, military hand-to-hand combat personnel must also be ready to perform at a high level in other disciplines of the competition: driving combat vehicles; marches for 5 and 10 km with machine guns, machine guns and grenade launchers; landing; overcoming natural and artificial obstacles; orientation on the terrain.

The relevance of the topic. Timely assessment of the functional state with the help of modern hardware and software systems for the analysis of heart rate variability should help in adjusting the training plans of military athletes-«hand-to-hand», as well as reduce the possibility of injury to military personnel.

The purpose of the work is to assess the functional state of military athletes-«hand-to-hand», performing at the military field training competition «Landing Platoon», according to the heart rate variability in the pre-competition period. Objectives of the study: to assess the level of tactical, technical and physical fitness of athletes-paratroopers in army hand-to-hand combat; to study the functional state of the body of military personnel-«hand-to-hand» on the basis of heart rate variability in a state of relative physiological rest; to investigate with the help of the analysis of heart rate variability indicators the functional state of the body of participants in the contest «Landing platoon» in the discipline «hand-to-hand fight» during the pre-competitive mesocycle.

The study involved three teams of airborne troops with 8 people each. All the servicemen who took part in the experiment were masters of sports of Russia in various martial arts but had 2 and 1 sports category in army hand-to-hand combat. The analysis of heart rate variability was carried out in the morning for 15 minutes after lifting in two positions (lying and standing). The HRV spectral parameters were evaluated, the power frequency parameters in the ultra-low frequency (VLF, ms) range were calculated, the total power of the spectrum (TP, ms) was analyzed, and the voltage index (SI, cu) was estimated.

During the pre-competition period, the functional state of the military «hand-to-hand» was studied according to HRV data. As a result of the study, the facts of changes in the recorded HRV indicators characterizing the state of the internal systems of the body of military athletes were reliably established ( $p \geq 0.05$ ). Timely adjustment of the plans for the training of military sports teams helped the military personnel to increase the level of



tactical and technical readiness. A working group of specialists in physical training and biomedical support suggests that timely and constant monitoring of the functional state according to heart rate variability data using modern hardware and software systems can help avoid overtraining conditions in military athletes- «hand-to-hand».

The study showed that timely load reduction based on the indicators of the analysis of heart rate variability helps to avoid overtraining of the body, and a timely modified plan, the introduction of exercises that help to engage other motor units, and the use of mobile and sports games at the stage of pre-competitive preparation entail a positive increase in results. The data obtained, without any doubt, indicate the need for further search and implementation of modern approaches in organizing and conducting training events and increasing the adaptive capabilities of the body of military personnel to complex multi-complex competitions in military field training like the «Landing Platoon» competition.

**Keywords:** heart rate variability, tactical and technical readiness of "hand-to-hand", "Airborne platoon", pre-competitive training period.

### References

1. Voloskov D. A. and Voloskova G. V. Osobennosti fizicheskoy podgotovki voennosluzhashhih vozdušno-desantnyh vojsk k uchastiju v mezhdunarodnom konkurse voenno-professional'nogo masterstva "desantnyj vzvod". *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, **4(170)**, 70 (2019).
2. Kuznecov V. D., Medjancev V. S., Ginzhelev V. A. Ocenka funkcional'nogo sostojanija i ego regulirovanie u voennosluzhashhih vozdušno-desantnyh vojsk, vypolnjajushhih uchebno-boevye zadachi v sorevnovatel'nyh uslovijah sredstvami fizicheskoy podgotovki. *Chelovecheskij capital*, **3(171)**, 231 (2023).
3. Aritkulov A. H. and Aritkulov D. A. Takticheskaja podgotovka sportsmena-rukopashnika v predvorevovatel'nyj period. *Sbornik statej itogovoj nauchnoj konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava Voennogo institut fizicheskoy kul'tury za 2017 g : Sbornik statej nauchnoj konferencii, Sankt-Peterburg, 13–14 marta 2018 goda*, 15 (Sankt-Peterburg: Voennyj institut fizicheskoy kul'tury, 2017).
4. Kuznecov V. D., Romanov V. V. and Vasil'kov I. E. Armejskij rukopashnyj boj v konkurse Mezhdunarodnyh armejskijh igr «Desantnyj vzvod». *Podgotovka edinoborcev: teorija, metodika i praktika : Materialy X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 100-letiju sozdanija organov upravlenija v sfere fizicheskoy kul'tury i sporta, Chajkovskij, 31 marta – 01 2023 goda*. V. V. Zebzeeva, 118 (Chajkovskij: Chajkovskij gosudarstvennyj institut fizicheskoy kul'tury, 2023)
5. Kur'janovich E. N., Vihruk T. I., Marcinkevich E. D. and Apenkov A. F. Fiziologija cheloveka. Uchebnoe posobie, 182 (SPb.: VIFK, MO RF, 2014).
6. Karpov V. Ju., Medvedev I. N., Zhukova A. A. and Petina Je. Sh. Funkcional'nye osobennosti dyhatel'noj sistemy u rukopashnikov. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, **6(208)**, 167 (2022).
7. Agadzhanjan N. A., Batocyrenova Ju. N. and Semenov T. E. Sorevnovatel'nyj stress u predstavitelej razlichnyh vidov sporta po pokazateljam variabel'nosti serdechnogo ritma. *Teorija i praktika fizicheskoy kul'tury*, **1**, 2 (2006).
8. Baevskij R. M. *Variabil'nost' serdechnogo ritma: teoreticheskie aspekty i vozmozhnosti klinicheskogo primenija*. Novye metody jelektrokardiografii pod red. S. V. Gracheva, A. L. Syrkina, 474 (M.: Tehnosfera, 2007).
9. Gavrilova E. A. *Variabil'nost' ritma serdca i sport: monografija* (3-e izdanie, dopolnennoe), 186 p. (SPb, Institut sporta i zdorov'ja, 2018).
10. Kuznecov V. D., Romanov V. V., Vasil'kov I. E. and Tkachenko A. V. Primenenie modeli ocenki i regulirovanija funkcional'nogo sostojanija voennosluzhashhih vozdušno-desantnyh vojsk v uslovijah vysokogor'ja dlja sambistov v gornoj mestnosti. *Integracija nauki i sportivnoj praktiki v edinoborstvah : Materialy XXII Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, posvjashhennoj pamjati zaslužennogo mastera sporta SSSR, zaslužennogo trenera SSSR*,

- professora Evgenija Mihajlovicha Chumakova, Moskva, 16 fevralja 2023 goda, 130 (Moskva: Rossijskij gosudarstvennyj universitet fizicheskoj kul'tury, sporta, molodjozhi i turizma, 2023).
11. Stepanov M. Ju., Skvorcov A. A. and Il'in V. Ju. Vlijanie sorevnovatel'noj dejatel'nosti v tajskom bokse na psihojemocional'noe naprjazhenie s pozicii variabel'nosti serdechnogo ritma. *Podgotovka edinoborcev: teorija, metodika i praktika : Sbornik materialov VI Vserossijskoj nauchno-praktičeskoj konferencii, Čajkovskij, 06 aprlja 2018 goda.* V. V. Zebzeeva, 101 (Čajkovskij: Čajkovskij Gosudarstvennyj Institut Fizicheskoj Kul'tury, 2018).
  12. Litvin F. B., Bruk T. M. and Krotova K. A. Ocenka sorevnovatel'noj vynoslivosti basketbolistov po dannym variabel'nosti serdechnogo ritma. *Sovremennye voprosy biomediciny*, **6**, **2(19)** (2022).
  13. Semenov Ju. N. Ispol'zovanie metodov analiza VSR pri planirovanii urovnja fizičeskikh nagruzok. *Vserossijskij fizkul'turno-sportivnyj kompleks "Gotov k trudu i oborone (GTO)" i massovyj sport v sisteme zdorovogo obraza žizni naselenija. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii.* Jelektronnoe izdanie, 149 (2016).
  14. Shlyk N. I. *Variabel'nost' serdechnogo ritma i metody ee opredelenija u sportsmenov v trenirovočnom processe : metodičeskoe posobie*, 80 p. (Udmurtskij gosudarstvennyj universitet. Izhevsk, 2022).
  15. Shhurov A. G. Rezul'taty dinamičeskikh issledovanij funkcional'nogo sostojanija i fizičeskoj podgotovlennosti kursantov pervogo kursa vuza v period obshhevojskovoje podgotovki. *Aktual'nye problemy fizičeskoj i special'noj podgotovki silovyh struktur*, **4**, 267 (2022).
  16. Jerajzer S. L. Funkcional'noe sostojanie bojcov-rukopashnikov v podgotovitel'nom periode godičnogo cikla. *Vestnik sportivnoj nauki*, **1**, 53 (2015).
  17. Shherbak A. P. *Matematiko-statističeskaja obrabotka materialov nauchnoj i metodičeskoj dejatel'nosti: uchebnoe posobie dlja studentov special'nosti "Fizičeskaja kul'tura"* (Rybinsk: JaGPU, 2007).
  18. Mihajluk E. L. Sravnitel'naja harakteristika variabel'nosti serdechnogo ritma, central'noj gemodinamiki i fizičeskoj rabotosposobnosti plovcov, razlichajushhihsja po kvalifikacii. *Rossijskij kardiologičeskij žurnal*, **25**, **S2**, 34 (2020).
  19. Shlyk N. I. Ocenka patologičeskoj bradikardii v pokoe i ortostaze u sportsmenov po rezul'tatam analiza variabel'nosti serdechnogo ritma. *Fizičeskoe vospitanie i sportivnaja trenirovka*, **1(43)**, 87 (2023).
  20. Putilin L. V. Vlijanie kachestva sna i fizičeskoj rabotosposobnosti na variabel'nost' serdechnogo ritma studentov. *Modern Science*, **12-2**, 224 (2020).

**УДК 576+612+616**

## **NOS-ЗАВИСИМЫЙ МЕХАНИЗМ ПОВРЕЖДЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕФРОНОВ У КРЫС ПРИ ГЛЮКОКОРТИКОИД- ИНДУЦИРОВАННОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОМ СТРЕССЕ**

*Луканина С. Н., Сахаров А. В., Просенко О. И.*

*Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия  
E-mail: lukanina.lukanina@yandex.ru*

Работа посвящена изучению iNOS-зависимых молекулярных механизмов нарушения структурно-функциональной организации почек крыс при окислительном стрессе, индуцированном длительным применением глюкокортикоидов. В образцах почек крыс интактной группы иммуногистохимическая картина по степени экспрессии iNOS характеризовалась как негативная. Длительное применение глюкокортикоидов приводит к повышению экспрессии индуцибельной изоформы NO-синтазы, гиперпродукции оксида азота и гибели тубулярных эпителиоцитов нефронов коркового вещества. Использование полифункционального серосодержащего антиоксиданта «Тиофан» оказывает нефропротективный эффект, ограничивает развитие выраженных NOS-зависимых повреждений структурных элементов нефронов.

**Ключевые слова:** окислительный стресс, глюкокортикоиды, почка, iNOS, антиоксиданты.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Хронические болезни почек становятся одной из наиболее актуальных проблем современного здравоохранения и общества в целом [1–3]. Результаты эпидемиологических исследований последних десятилетий показали, что данная группа заболеваний встречается гораздо чаще, чем предполагалось ранее и приближается по распространенности к болезням сердечно-сосудистой системы, опухолям и травмам [1, 3]. Несмотря на достижения современной нефрологии, их этиология и патогенез в настоящее время остаются недостаточно изученными [2–4]. Как известно, NO представляет собой соединение свободнорадикальной природы и играет роль универсального модулятора разнообразных функций организма. В настоящее время доказано его участие в регуляции клеточного дыхания, поддержания сосудистого гомеостаза, иммунологического контроля, экспрессии генов и т.д. [5–8]. Исследованиями Х.М. Маркова (1996) [8] установлено, что NO, синтезируемый в эндотелиальных, мезангиальных и эпителиальных клетках почек участвует в регуляции водно-солевого обмена посредством влияния на ренальный кровоток. Его роль в процессах фильтрации, реабсорбции, секреции, инкреции отмечается в многочисленных публикациях [5, 9–12].

Несмотря на то, что NO способствует реализации многих физиологических реакций, имеются сведения об участии этого соединения в иницировании

запрограммированной гибели клеток [1, 13, 14]. Авторами установлено, что NO может изменять потенциал мембраны митохондрий с последующим высвобождением цитохрома C и активацией эффектора апоптоза каспазы-3 [15]. При этом в качестве одного из ведущих механизмов, опосредующих развитие летальных повреждений клеток нефрона, приводится свободнорадикальный [16–20].

В связи с этим, детальное изучение реализации молекулярных механизмов повреждения нефрона под влиянием NO<sup>•</sup> определяет высокую актуальность настоящего исследования.

**Цель работы** – изучение iNOS-зависимых молекулярных механизмов летального повреждения клеток нефронов при моделировании глюкокортикоид-индуцированного окислительного стресса.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования явились самцы крыс линии Вистар массой 250-300 г. Эксперименты проведены с соблюдением правил гуманного обращения с животными согласно «Конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей», принятой Советом Европы (Strasbourg, Франция, 1986) и директивой совета 86/609/ЕЕС от 24.11.1986 «По согласованию законов, правил и административных распоряжений стран-участниц в отношении защиты животных, используемых в экспериментальных и научных целях» с осуществлением хирургических вмешательств под эфирным ингаляционным наркозом и выведением животных из эксперимента передозировкой диэтилового эфира.

Крыс распределяли на 4 группы: интактная, контрольная и 2 группы сравнения, по 10 особей в каждой. Всех животных содержали в стандартных условиях вивария без ограничения доступа к воде и корму. Крысам контрольной и двух групп сравнения (ГС) ежедневно в течение 14 суток вводили водную суспензию синтетического глюкокортикоида «Преднизолон Никомед» («Никомед Австрия ГмбХ», Линц, Австрия) в дозе 50 мг/кг с помощью внутрижелудочного зонда, инициируя у них развитие окислительного стресса [21]. Для чистоты эксперимента и стандартизации манипуляций, связанных с введением в организм веществ, крысам первой группы сравнения (1 ГС) через три часа после преднизолона вводили 0,2 мл водопроводной воды. Животные второй группы сравнения (2 ГС) по аналогичной схеме получали антиоксидант «Тиофан» (Ассоциация «Новосибирский институт антиоксидантов», Новосибирск, Россия) (в дозе действующего вещества 100 мг/кг веса), растворенный в 0,2 мл растительного масла производства ОАО «ЭФКО» торговой марки «Altero Golden». В связи с тем, что «Тиофан» – жирорастворимый антиоксидант, крысам контрольной группы после приема преднизолона внутрижелудочно вводили только растворитель антиоксиданта – растительное масло (0,2 мл).

По окончании эксперимента на 15 сутки, у животных всех групп забирали равные половины левой почки. Для проведения иммуногистохимического исследования образцы почек крыс фиксировали в 10 %-м растворе нейтрального формалина, обезживали в растворах изопропанола возрастающей концентрации и заливали в гистомикс. С помощью полуавтоматического ротационного микротомы (SLEE CUT 5062, Германия) изготавливали серийные срезы толщиной 3 – 5 микрон.

Иммуногистохимическое (ИГХ) исследование образцов почек и оценку оптической плотности продуктов экспрессии клетками нефронов iNOS в тканях животных всех групп проводили в соответствии со стандартным протоколом. Из парафиновых блоков готовили серийные срезы толщиной 5 мкм и монтировали их на стекла, покрытые поли-L-лизинем. Депарафинирование выполняли в термостате при температуре + 60 °С в течение 1 часа и погружением в ксилол. Восстановление антигенной активности осуществляли методом теплового демаскирования в растворе трис-EDTA (pH 9.0) на водяной бане в течение 30 минут. Блокирование эндогенной пероксидазной активности выполняли с помощью 3 % раствора перекиси водорода в течение 10 минут. В работе использовали антитела к iNO-синтазе (Rabbit Monoclonal, Clone Name SP126, Spring Bioscience Corporation, США) в рекомендованных разведениях. Выявление антигена проводили при помощи безбиотиновой системы детекции на основе пероксидазы (Spring Bioscience Corporation, США). После каждой инкубации срезы отмывали в фосфатно-солевом буфере, подсушивали, после чего для визуализации реакции наносили хромоген 3,3-диаминобензидин (ДАБ) (Spring Bioscience Corporation, США), что позволяло получать специфическую окраску. По достижении необходимой интенсивности окрашивания срезы докрашивали гематоксилином Майера. Для достоверности полученных результатов применяли негативный контроль антител (обработка срезов без нанесения первичных антител).

Морфометрические параметры структурных компонентов нефронов оценивали с помощью комплекса оптико-структурного анализа на базе AxioImager.M2 с программным обеспечением для анализа изображений AxioVision Z2 M2 (CARL ZEISS, Германия). Съемку изображений осуществляли CCD-камерой AxioCam HR с программным обеспечением ZenLite (CARL ZEISS, Германия). Последующее изучение и морфометрию с определением относительной площади иммунореактивного вещества осуществляли на компьютерных изображениях. Зону иммунореактивности в почечной паренхиме выделяли по методу «компьютерного скелетирования» с определением процентного отношения иммунопозитивных зон к общей площади ткани. В каждой серии производили морфометрию 30 участков во всех зонах коркового и мозгового вещества почки.

Статистический анализ результатов исследования проводили на основе определения медианы и квартилей (Me (Q25;Q75)). Различия показателей между группами оценивали методом вариационной статистики по непараметрическому U-критерию Манна-Уитни для независимых выборок и считали статистически значимыми при уровне  $p \leq 0,05$ . Расчеты производили по общепринятым формулам с использованием стандартных программ пакета Statistica 7.0 for Windows.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Считается, что iNOS локализуется преимущественно в макрофагах и активируется цитокинами при патологических процессах, либо в ответ на различные внешние воздействия на клетку [22, 23].

Результаты исследования показали, что в исследуемых образцах почек крыс интактной группы иммуногистохимическая картина по степени экспрессии iNOS характеризовалась как негативная. На светооптическом уровне выраженных морфофункциональных нарушений в структурных элементах почечных телец и канальцев нефронов не обнаружено (Рис. 1, таблица 1).

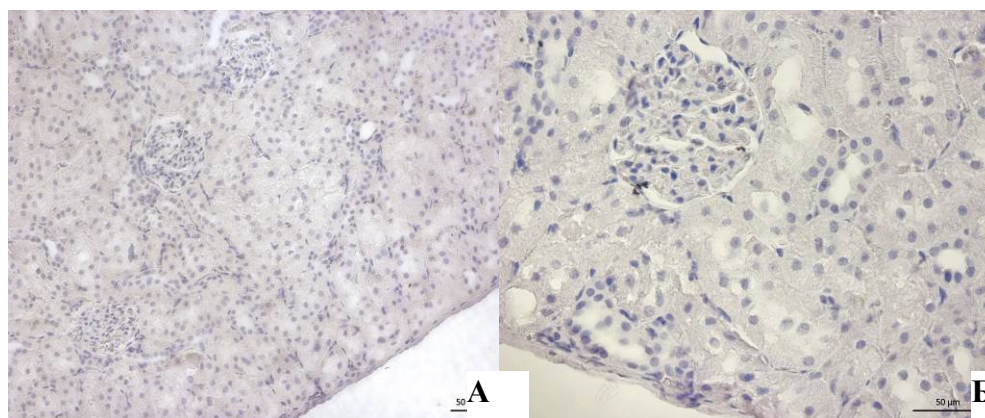


Рис. 1. Выявление экспрессии iNOS в образцах почек животных интактной группы: А – негативная иммуногистохимическая реакция в корковом и мозговом веществе почки. Ув. 100 х; Б – негативная иммуногистохимическая реакция клеток почечного тельца и эпителия проксимального и дистального отделов канальца нефрона. Ув. 200 х.

**Таблица 1**

**Морфометрическая оценка экспрессии iNOS в почечной паренхиме (Медиана (Q25;Q75))**

Группы животных	Удельная площадь иммунореактивного вещества (%)	
	почечных телец	канальцев нефронов
<b>1 группа сравнения</b>	11,4 (10,5; 12,3)*	38,9 (37,5; 40,3)*
<b>2 группа сравнения</b>	7,8 (6,3; 8,4)	16,4 (15,0; 17,8)**
<b>Контрольная</b>	9,9 (8,6; 11,2)	33,1 (31,7; 34,5) #

*Примечание:* В образцах почечной паренхимы животных интактной группы экспрессия iNOS не обнаружена; \* – статистически значимые различия между показателями животных интактной и 1 группы сравнения; \*\* – статистически значимые различия между показателями животных 1 и 2 групп сравнения; # – статистически значимые различия между показателями животных контрольной и 2 группы сравнения ( $p \leq 0,05$ ).

На 15-е сутки эксперимента в препаратах почек животных, длительно принимавших глюкокортикоиды, определяется достоверное повышение уровня экспрессии iNOS (Рис. 2, таблица 1). Локализация иммунопозитивных участков

определяется преимущественно в корковом веществе почки. Наиболее высокий уровень экспрессии данного белка обнаружен в эпителиоцитах проксимального и дистального отделов канальцев нефрона (Рис. 2, Б). В цитоплазме мезангиальных клеток, подоцитов и эндотелия почечного тельца реакция на данный белок слабо выражена (Рис. 2, А).

Таким образом, увеличение уровня экспрессии iNOS в образцах почек животных, длительно получавших преднизолон, свидетельствует об избыточной продукции NO клетками тубулярного нефротелия при глюкокортикоид-индуцированном окислительном стрессе.

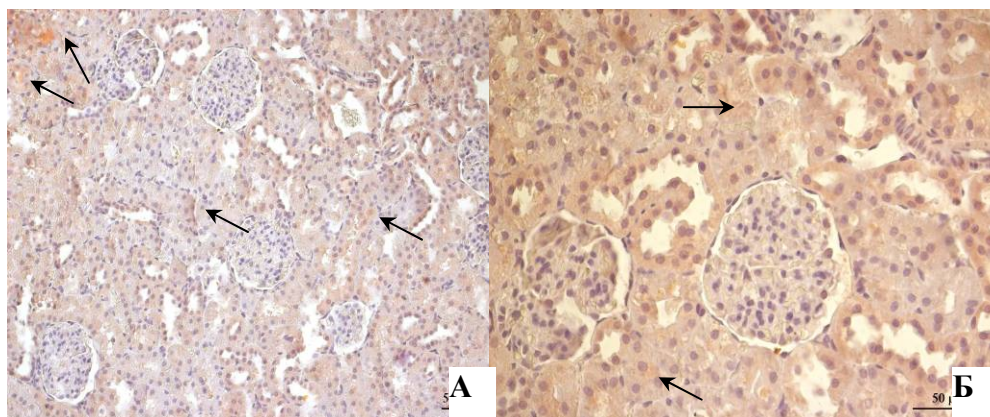


Рис. 2. Выявление экспрессии iNOS в образцах почек животных первой группы сравнения: А, Б – особенности иммуногистохимической реакции клеток почечного тельца и нефротелия проксимального и дистального отделов канальца нефрона. Стрелкой показаны очаги позитивной иммуногистохимической реакции. Ув. 100 х и 200 х.

Образцы почек животных контрольной группы по тинкториальным характеристикам ИГХ реакции, а также количеству позитивно реагирующих клеток и их гистотопографии и не имели различий с тканью почек крыс первой группы сравнения (Рис. 3, таблица 1).

При фармакологической коррекции тубулоэпителиальной дисфункции полифункциональным фенольным серосодержащим антиоксидантом нового поколения «Тиофан» установлено, что локализация продуктов реакции аналогична таковой у животных первой группы сравнения. Однако обнаружено, что количество иммунопозитивных клеток в ткани почек животных, получавших антиоксидант «Тиофан» достоверно меньше, а интенсивность ИГХ реакции значительно ниже, чем у крыс, принимавших только глюкокортикоиды (Рис. 4, таблица 1). Так, при количественной оценке оптической плотности уровень экспрессии iNOS в структурах почечного тельца образцов крыс 2 ГС не имел существенных отличий, а в канальцах нефронов – в 2,37 раз ниже, чем у животных 1 ГС.

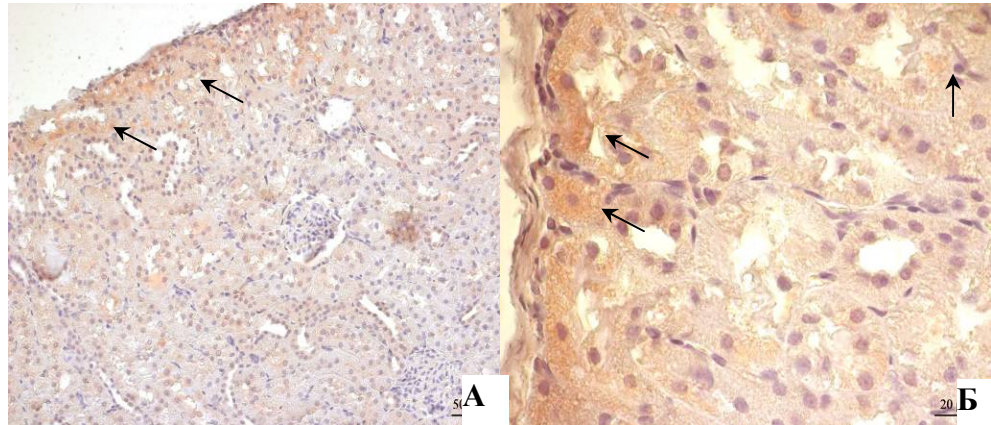


Рис. 3. Выявление экспрессии iNOS в образцах почек животных контрольной группы: А, Б – позитивная иммуногистохимическая реакция в корковом и мозговом веществе почки. Стрелкой показаны очаги иммуннопозитивного вещества. Ув. 100 х и 200 х.

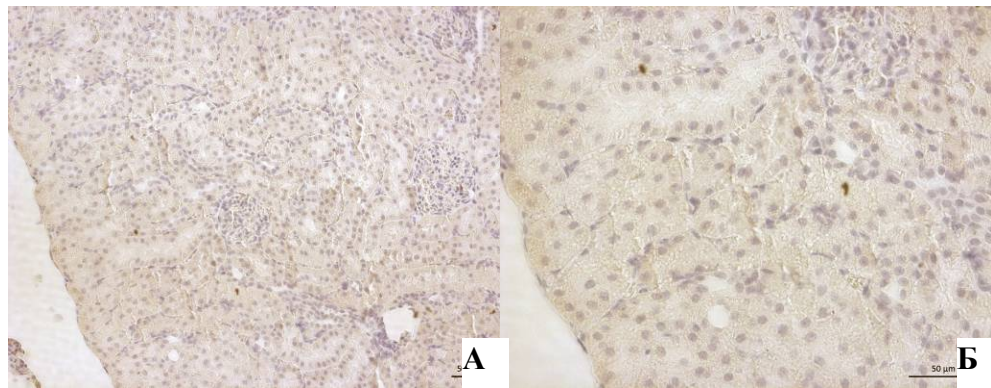


Рис. 4. Выявление экспрессии iNOS в образцах почек животных второй группы сравнения: А – позитивная иммуногистохимическая реакция в корковом и менее выраженная – в мозговом веществе почки. Ув. 100 х; Б – слабая позитивная иммуногистохимическая реакция клеток почечного тельца и тубулярного эпителия. Ув. 200 х.

При обсуждении полученных результатов необходимо отметить, что в литературе имеется обширный материал, касающийся экспрессии всех изоформ нитроксидсинтазы мезангиоцитами, эпителиальными клетками почечных канальцев собирательных трубок, клетками "macula densa" и эндотелия почечных сосудов [8]. Каждая из представленных в различных отделах почек изоформ NO-синтазы имеет свои особенности как в локализации, так и в механизмах действия на почечные процессы [24–28]. Считается, что в зависимости от структуры и функций NOS



разделяются на эндотелиальные (eNOS, или NOS-3), нейрональные (nNOS, или NOS-1) и индуцибельные (iNOS, или NOS-2) [1]. При этом eNOS обеспечивает образование NO, который участвует в регуляции тонуса сосудистой стенки в физиологических условиях. Как уже отмечалось выше, с повышением активности iNOS связывается развитие многих патологических процессов [22]. На связь апоптоза с повышением уровня экспрессии iNO-синтазы в клетках почечного эпителия при IgA-нефропатии указывается в публикациях Р. К. Mishra, G. V. Raghuram, Н. Panwar и др. (2009) [29], Л. Б. Пак, А. И. Дубикова, Т. А. Кабанцевой и др. (2013) [1, 30]. О развитии апоптоза в структурных компонентах нефрона вследствие окислительного стресса упоминается в работах Т. Suzuki, Т. Matsusaka, М. Nakayama и др. (2009) [31]. Данными авторами показано ассоциированное с окислительным стрессом увеличение уровня экспрессии p53, p21, cyclin E и белков CDK2, нарушение клеточного цикла, возрастание числа хромосомных aberrаций. Установлено также, что сочетанная индукция активности iNOS и молекулы p53 приводит к быстрому прогрессированию почечной недостаточности [15]. В ранних исследованиях [32] нами показано, что в условиях хронической глюкокортикоидной нагрузки в организме крыс происходит усиление свободнорадикальных процессов, локальным проявлением которого являются глубокие нарушения структурной организации паренхимы почек. При этом наиболее выраженные повреждения отмечены (в том числе) в эпителиоцитах корковых нефронов. В основе механизма этих повреждений, как считают авторы, лежит возникающая под влиянием глюкокортикоидов гипертензия. Последняя приводит к ишемии корковых нефронов, гипоксии и летальным повреждениям тубулярных эпителиоцитов по механизму апоптоза [33]. Полученные результаты согласуются с данными Ф. Д. Цаликовой (1999), А. А. Ярилина (2001), Л. Б. Пак, А. И. Дубикова, Т. А. Кабанцевой и др. (2013) [1, 4, 14].

В почечных клубочках стереотипной тканевой реакцией на повреждение является клеточная пролиферация, с последующим накоплением внеклеточного матрикса и развитием нефросклероза [34]. При этом измененные компоненты матрикса могут опосредованно повышать чувствительность мезангия к различным индукторам апоптоза. В работах I. Y. Chang, J. N. Kim, J. Y. Jun и др. (2011), Л. Б. Пак, А. И. Дубикова, Т. А. Кабанцевой и др. (2013) [1, 35] отмечено, что при гломерулосклерозе кортикальном некрозе и др., происходит его активация. По данным Е. В. Пожиловой, В. Е. Новикова (2015), М. В. Филимоновой, В. В. Южакова, Л. И. Шевченко и др. (2015), Е. N. Dedkova, L. A. Blatter (2009), S. A. Omar, A. G. Webb (2014) [23, 36–38], в качестве одного из участника развития патологического процесса выступает NO.

Исследованиями В. Е. Новикова, Е. И. Климкиной (2005, 2009), Е. В. Пожиловой, В. Е. Новикова, О. С. Левченковой (2015) и др. [39–42] установлено, что при стрессе, гипоксии и ишемии в результате гиперпродукции АКМ и их взаимодействия с NO происходит образование пероксинитрита (ONOO-) – свободнорадикального соединения с выраженными окислительными свойствами.

По мнению Е. В. Пожиловой, В. Е. Новикова (2015), U. Forstermann, W. S. Sessa (2012), S. A. Omar, A. G. Webb (2014) [23, 37, 43], токсический эффект NO

обусловлен повышением активности iNO-синтазы и может быть связан как с его прямым действием на ферменты клетки, так и с образованием ONOO-. При этом в результате ингибирования митохондриальных ферментов, отмечается дисфункция митохондрий и снижение продукции АТФ. Возможно, такой механизм лежит в основе нарушения процессов окислительного фосфорилирования и энергетического обмена в ткани при активации свободнорадикальных процессов [44–46].

Таким образом, обнаруженное в настоящей работе увеличение уровня экспрессии iNOS и, как следствие, гиперпродукция NO при глюкокортикоид-индуцированном окислительном стрессе может являться одним из ведущих механизмов структурного и функционального нарушения клеток нефротелия, и, как следствие, секреторно-реабсорбционных процессов. Полученные данные согласуются с результатами проведенных ранее собственных исследований [47], в которых установлено, что продолжительное использование преднизолона приводит к нарушению гидро- и ионоуретической функций почек и развитию почечной недостаточности. С нашей точки зрения, NO и пероксинитрит могут являться основными участниками процесса повреждения молекулы ДНК в клетках тубулярного нефротелия, инициируя развитие апоптоза [48]. В работе И. Ф. Беленичева, В. И. Черния, Ю. М. Колесника и др. (2009) показано, что избыточное образование в клетке этих активных метаболитов кислорода стимулирует синтез в ней белка p53. Несмотря на то, что p53 является «охранником генома», при необратимом повреждении ДНК его суперэкспрессия опосредует индуцирование экспрессии апоптогенных белков Bax, Fas, p53AIP (apoptosis inducing protein) [49]. Можно полагать, что использование полифункционального серосодержащего антиоксиданта «Тиофан» при моделировании глюкокортикоид-индуцированного окислительного стресса либо подавляет экспрессию iNOS, либо блокирует активность NO, способствуя снижению уровня гибели клеток канальцевого эпителия.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты иммуногистохимического анализа свидетельствуют о том, что длительное использование глюкокортикоидов приводит к повышению экспрессии iNO-синтазы, гиперпродукции NO и гибели эпителиоцитов нефронов. Применение полифункционального серосодержащего антиоксиданта «Тиофан» оказывает нефропротективный эффект, ограничивая развитие структурно-функциональных нарушений в структурных элементах нефрона.

### Список литературы

1. Пак Л. Б. Апоптоз и патология почек / Л. Б. Пак, А. И. Дубиков, Т. А. Кабанцева, А. А. Василюк, О. М. Григорян // Нефрология. – 2013. – Т. 17, № 4. – С. 36–43.
2. Смирнов А. В. Хроническая болезнь почек: дальнейшее развитие концепции и классификации / А. В. Смирнов, В. А. Добронравов, И. Г. Каюков, А. М. Есаян // Нефрология. – 2007. – № 4. – С. 7–17.

3. Томилина Н. А. Эпидемиология хронической почечной недостаточности и новые подходы к классификации и оценке тяжести хронических прогрессирующих заболеваний почек / Н. А. Томилина, Б. Т. Бикбов // *Терапевтический архив*. – 2005. – № 6. – С. 87–89.
4. Цаликова Ф. Д. Апоптоз в патогенезе нефропатий / Ф. Д. Цаликова // *Нефрология и диализ*. – 1999. – № 3. – С. 127–130.
5. Kempson S. Nitric oxide production by mouse renal tubules can be increased by a sodium-dependent mechanism / S. Kempson, N. Thompson, L. Pezzuto, H. Glenn Bohlen // *Nitric Oxide*. – 2007. – Vol. 17, № 1. – P. 33–43.
6. Silva G. Extracellular ATP stimulates NO production in rat thick ascending limb / G. Silva, W. H. Beierwaltes, J. L. Garvin // *Hypertension*. – 2006. – Vol. 47. – P. 563–567.
7. Кутырина И. М. Современные аспекты патогенеза почечной артериальной гипертензии / И. М. Кутырина // *Нефрология*. – 2000. – Т. 4, № 1. – С. 112–115.
8. Марков Х. М. Окись азота в физиологии и патологии почек / Х. М. Марков // *Вестник РАМН*. – 1996. – № 7. – С. 73–78.
9. Blantz R. C. The complex role of nitric oxide in the regulation of glomerular ultrafiltration / R. C. Blantz, A. Deng, M. Lortie, K. Munger, V. Vallon, F. B. Gabbai, S. C. Thomson // *Kidney Int*. – 2002. – Vol. 61. – P. 782–785.
10. Gustavo R. A. Constitutive endocytosis and recycling of NKCC2 in rat thick ascending Limbs / R. A. Gustavo, P. A. Ortiz // *Am. J. Physiol. Renal Physiol*. – 2010. – Vol. 299. – P. 1193–1202.
11. Каримова Р. Г. Гидроуретическая функция почек при различных уровнях активности системы оксида азота / Р. Г. Каримова, И. Н. Билалов, А. Г. Мухамеджанова // *Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана*. – 2013. – Т. 215. – С. 164–169.
12. Каримова Р. Г. Ионоуретическая функция почек при повышении продукции оксида азота / Р. Г. Каримова, И. Н. Билалов // *Ученые записки КГАВМ им. Н. Э. Баумана*. – 2014. – Т. 217. – С. 164–169.
13. Vousden K. H. Blinded by the light: the growing complexity of p53 / K. H. Vousden, C. Prives // *Cell*. – 2009. – Vol. 137. – P. 413–431.
14. Ярилин А. А. Апоптоз: природа феномена и его роль в норме и при патологии / А. А. Ярилин // *Актуальные проблемы патофизиологии*. – М.: Медицина, 2001. – С. 13–56.
15. Qiu L. Q. Coupled induction of iNOS and p53 upregulation in renal resident cells may be linked with apoptotic activity in the pathogenesis of progressive IgA nephropathy / L. Q. Qiu, R. Sinniah, S. I. Hsu // *J. Am. Soc. Nephrol*. – 2004. – Vol. 15, № 8. – P. 2066–2078.
16. Bitar M. S. Nitric oxide dynamics and endothelial dysfunction in type II model of genetic diabetes / M. S. Bitar, S. Wahid, S. Mustafa, E. Al-Saleh, G. S. Dhaunsi, F. Al-Mulla // *Eur. J. Pharmacol*. – 2005. – Vol. 511, № 1. – P. 53–64.
17. Creager M. A. Diabetes and vascular disease: pathophysiology, clinical consequences, and medical therapy: Part I / M. A. Creager, T. F. Luscher, F. Cosentino, J. A. Beckman // *Circulation*. – 2003. – Vol. 108, № 12. – P. 1527–1532.
18. Endemann D. H. Nitric oxide, oxidative excess, and vascular complications of diabetes mellitus / D. H. Endemann, E. L. Schiffrin // *Curr. Hypertens. Rep*. – 2004. – Vol. 6, № 2. – P. 85–89.
19. Goldin A. Advanced glycation end products: sparking the development of diabetic vascular injury / A. Goldin, J. A. Beckman, A. M. Schmidt, M. A. Creager // *Circulation*. – 2006. – Vol. 114, № 6. – P. 597–605.
20. Дзугкоев С. Г. Влияние афобазола на биохимические и гистопатоморфологические показатели эндотелиальной дисфункции при экспериментальном сахарном диабете у крыс / С. Г. Дзугкоев, К. М. Козырев, Н. Г. Гуманова, Ф. С. Дзугкоева // *Биомедицинская химия*. – 2012. – Т. 58, Вып. 4. – С. 438–445.
21. Валеева И. Х. Влияние димефосфона и ксидифона на показатели перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы крыс, длительно получавших преднизолон / И. Х. Валеева, Л. Е. Зиганшина, З. А. Бурнашова, А. У. Зиганшин // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. – 2002. – Т. 65, № 2. – С. 40–43.
22. Мелехина Е. В. Оксид азота при поражении почек у детей с инсулинзависимым сахарным диабетом / Е. В. Мелехина, И. М. Османов, Е. В. Неудахин, В. А. Таболин, И. Э. Волков, И. А. Сумакова, В. В. Длин // *Нефрология и диализ*. – 2001. – Т. 3, № 2. – С. 201–204.

23. Пожилова Е. В. Синтаза оксида азота и эндогенный оксид азота в физиологии и патологии клетки / Е. В. Пожилова, В. Е. Новиков // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2015. – Т. 14, № 4. – С.35–41.
24. Christian D. Effect of angiotensin receptor blockade on central haemodynamics in essential hypertension: results of a randomised trial / D. Christian, U. K. Arnfried, P. S. Markus // Journal of Renin-Angiotensin-Aldosterone System. – 2008. – Vol. 9. – P. 49.
25. Herrera M. A high-salt diet dissociates NO synthase-3 expression and NO production by the THAL / M. Herrera, G. Silva, J. L. Garvin // Hypertension. – 2006. – Vol. 47. – P. 95–101.
26. Mattson D. L. Nitric oxide synthase activity and isoforms in rat renal vasculature / D. L. Mattson, F. Wu // Hypertension. – 2000. – Vol. 35. – P. 337–341.
27. Ortiz P. A. Role of nitric oxide in the regulation of nephron transport / P. A. Ortiz, J. L. Garvin // Am. J. Physiol Renal Physiol. – 2002. – Vol. 282. – P. 777–784.
28. Wilcox C. S. Nitric oxide synthase in macula densa regulates glomerular capillary pressure / C. S. Wilcox, W. J. Welch, F. Murad, S. S. Gross, G. Taylor, R. Levi, H. W. Schmidt // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1992. – Vol. 89. – P. 11993–11997.
29. Mishra P. K. Mitochondrial oxidative stress elicits chromosomal instability after exposure to isocyanates in human kidney epithelial cells / P. K. Mishra, G. V. Raghuram, H. Panwar // Free Radic. Res. – 2009. – Vol. 43, № 8. – P. 718–728.
30. Vaseva A. V. The mitochondrial p53 pathway / A. V. Vaseva, U. M. Moll // Biochim. Biophys. Acta. – 2009. – Vol. 1787, № 5. – P. 414–420.
31. Suzuki T. Genetic podocyte lineage reveals progressive podocytopenia with parietal cell hyperplasia in a murine model of cellular/collapsing focal segmental glomerulosclerosis / T. Suzuki, T. Matsusaka, M. Nakayama // Am. J. Pathol. – 2009. – Vol. 174, № 5. – P. 1675–1682.
32. Луканина С. Н. Оценка эффективности защиты почек крыс антиоксидантом тиофаном при окислительном стрессе / С. Н. Луканина // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 11. – С. 136–140.
33. Луканина С. Н. Особенности гидро- и ионоуретической функций почек крыс при окислительном стрессе / С. Н. Луканина, А. В. Сахаров, А. Е. Просенко, К. В. Жучаев // Вестник ТвГУ. – Серия «Биология и экология». – 2017. – № 1. – С. 18–27.
34. Savill J. Apoptosis and the Kidney / J. Savill // J. Am. Soc. Nephrol. – 1994. – Vol. 5. – P. 12–21.
35. Chang I. Y. Repression of apurinic/apyrimidinic endonuclease by p53-dependent apoptosis in hydronephrosis-induced rat kidney / I. Y. Chang, J. N. Kim, J. Y. Jun // Free Radic. Res. – 2011. – Vol. 45, № 6. – P. 728–734.
36. Dedkova E. N. Trimetazidine effects on the mitochondrial metabolism during rabbit heart failure / E. N. Dedkova, L. A. Blatter // The Journal of Physiology. – 2009. – Vol. 587, № 4. – P. 851–872.
37. Omar S. A. Nitrite reduction and cardiovascular protection / S. A. Omar, A. G. Webb // Journal of Molecular and Cellular Cardiology. – 2014. – Vol. 73. – P. 57–69.
38. Филимонова М. В. Экспериментальное исследование противоопухолевой активности нового ингибитора синтаз оксида азота T1023 / М. В. Филимонова, В. В. Южаков, Л. И. Шевченко // Молекулярная медицина. – 2015. – № 1. – С. 61–64.
39. Новиков В. Е. Фармакология гепатопротекторов / В. Е. Новиков, Е. И. Климкина // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2005. – Т. 4, № 1. – С. 2–20.
40. Новиков В. Е. Влияние гипоксена на морфо-функциональное состояние печени при экзогенной интоксикации / В. Е. Новиков, Е. И. Климкина // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2009. – Т. 72, № 5. – С. 43–45.
41. Пожилова Е. В. Активные формы кислорода в физиологии патологии клетки / Е. В. Пожилова, В. Е. Новиков, О. С. Левченкова // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2015. – Т. 14, № 2. – С. 13–22.
42. Тургенева Л. Б. Лечение воспалительных заболеваний пародонта мексидолом / Л. Б. Тургенева, В. Е. Новиков, Е. В. Пожилова // Патогенез. – 2011. – Т. 9, № 3. – С. 67.
43. Forstermann U. Nitric oxide synthases: regulation and function / U. Forstermann, W. S. Sessa // European Heart Journal. – 2012. – Vol. 33, № 7. – P. 829–837.
44. Новиков В. Е. Возможности фармакологической нейропротекции при черепно-мозговой травме / В. Е. Новиков // Психофармакология и биологическая наркология. – 2007. – Т. 7, № 2. – С. 1500–1509.

45. Новиков В. Е. Влияние веществ с ноотропной активностью на окислительное фосфорилирование в митохондриях мозга при острой черепно-мозговой травме / В. Е. Новиков, Л. А. Ковалева // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 1997. – Т. 60, № 1. – С. 59–61.
46. Новиков В. Е. Влияние ноотропов на функцию митохондрий мозга в динамике черепно-мозговой травмы в возрастном аспекте / В. Е. Новиков, Л. А. Ковалева // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 1998. – Т. 61, № 2. – С. 65–68.
47. Луканина С. Н. Оценка эффективности управления механизмами нефропатии при длительном применении глюкокортикоидов / С. Н. Луканина, А. В. Сахаров, А. Е. Просенко, К. В. Жучаев // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2016. – № 5. – С. 195–206.
48. Brune B. Nitric oxide and its role in apoptosis / B. Brune, A. von Knethen, K. B. Sandau // European Journal of Pharmacology. – 1998. – Vol. 351, № 3. – P. 261–272.
49. Беленичев И. Ф. Рациональная нейропротекция / И. Ф. Беленичев, В. И. Черный, Ю. М. Колесник. – Донецк: Издатель Заславский А.Ю., 2009. – 262 с.

**NOS-DEPENDENT MECHANISM OF DAMAGE TO THE STRUCTURAL  
ELEMENTS OF NEPHRONS IN RATS WITH GLUCOCORTICOID-INDUCED  
OXIDATIVE STRESS**

*Lukanina S. N., Sakharov A. V., Prosenko O. I.*

*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia  
E-mail: lukanina.lukanina@yandex.ru*

The work is devoted to the study of iNOS-dependent molecular mechanisms of violation of the structural and functional organization of the kidneys of rats during oxidative stress induced by prolonged use of glucocorticoids. The objects of the study were male Wistar rats, which were divided into 4 groups: intact, control and 2 comparison groups. Animals of the control and two comparison groups were daily administered an aqueous suspension of Prednisone Nycomed synthetic glucocorticoid (Nycomed Austria GmbH, Linz, Austria) at a dose of 50 mg / kg daily for 14 days using an intragastric probe, initiating the development of oxidative stress in them. For the purity of the experiment and the standardization of manipulations associated with the introduction of substances into the organism, 0.2 ml of tap water was injected into the rats of the first comparison group three hours after prednisolone. Animals of the second comparison group (2 CG) according to a similar scheme received the antioxidant “Tiofan” (Association “Novosibirsk Institute of Antioxidants”, Novosibirsk, Russia) (at a dose of the active substance 100 mg / kg of weight), dissolved in 0.2 ml of a brand-name vegetable oil Altero Golden. Due to the fact that “Tiofan” is a fat-soluble antioxidant, only antioxidant solvent, vegetable oil (0.2 ml) was intragastrically administered to rats of the control group after taking prednisolone. At the end of the experiment on day 15, equal half of the left kidney was taken from the animals of all groups. An immunohistochemical study of the kidney samples and the assessment of the optical density of the expression products by iNOS nephrons cells were carried out in accordance with the standard protocol. Antibodies to inducible NO-synthase (Rabbit Monoclonal, Clone NameSP126,

Spring Bioscience Corporation, USA) were used in the recommended dilutions. Detection of immune complexes was performed in a biotinless detection system using peroxidase (Spring Bioscience Corporation, USA). In the samples of kidneys of rats of the intact group, the immunohistochemical pattern according to the degree of iNOS expression was characterized as negative, i.e. obvious morphofunctional disorders in the structural elements of the renal bodies and the nephron tubules were not detected. In the preparations of the kidneys of animals with long-term glucocorticoids, a significant increase in the expression level of iNOS was detected. The localization of immunopositive sites is found mainly in the cortical substance of the kidney, in the epithelial cells of the proximal and distal nephron tubules. It was found that the number of immunopositive cells in the kidney tissue of animals treated with the antioxidant "Tiofan" was significantly less, and the intensity of the IHC reaction was significantly lower than in rats who took only glucocorticoids. Prolonged use of glucocorticoids leads to an increase in the expression of the inducible isoform of NO synthase, overproduction of nitric oxide and the death of tubular epithelial cells of the nephron of the cortex substance. The use of polyfunctional sulfur-containing antioxidant "Tiofan" has a nephroprotective effect, limits the development of obvious NOS-dependent damage to the structural elements of nephrons.

**Keywords:** oxidative stress, glucocorticoids, kidney, iNOS, antioxidants.

#### References

1. Pak L. B., Dubikov A. I., Kabantseva T. A., Vasilyuk A. A., Grigoryan O. M., Apoptosis and kidney pathology, *Nephrology*, **17**, 4 (2013).
2. Smirnov A. V., Dobronravov V. A., Kayukov I. G., Yesayan A. M. Chronic kidney disease: further development of the concept and classification, *Nephrology*, **4** (2007).
3. Tomilina N. A., Bikbov B. T. Epidemiology of chronic renal failure and new approaches to the classification and assessment of the severity of chronic progressive kidney diseases, *Therapeutic archive*, **6** (2005).
4. Tsalikova F. D. Apoptosis in the pathogenesis of nephropathies, *Nephrology and dialysis*, **3** (1999).
5. Kempson S., Thompson N., Pezzuto L., Glenn Bohlen H. Nitric oxide production by mouse renal tubules can be increased by a sodium-dependent mechanism, *Nitric Oxid*, **17**, 1, (2007).
6. Silva G., Beierwaltes W. H., Garvin J. L. Extracellular ATP stimulates NO production in rat thick ascending limb, *Hypertension*, **47** (2006).
7. Kutyryna I. M. Modern aspects of the pathogenesis of renal arterial hypertension, *Nephrology*, **4**, 1 (2000).
8. Markov Kh. M. Nitric oxide in the physiology and pathology of the kidneys, *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*, **7** (1996).
9. Blantz R. C., Deng A., Lortie M., Munger K., Vallon V., Gabbai F. B., Thomson S. C. The complex role of nitric oxide in the regulation of glomerular ultrafiltration, *Kidney Int.*, **61** (2002).
10. Gustavo R. A., Ortiz P. A. Constitutive endocytosis and recycling of NKCC2 in rat thick ascending Limbs, *Am. J. Physiol. Renal Physiol.*, **299** (2010).
11. Karimova R. G., Bilalov I. N., Mukhamedzhanova A. G. Hydrouretic function of the kidneys at different levels of activity of the nitric oxide system, *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, **215** (2013).
12. Karimova R. G., Bilalov I. N. Ionouretic function of the kidneys with an increase in the production of nitric oxide, *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman*, **217** (2014).
13. Vousden K. H., Prives C. Blinded by the light: the growing complexity of p53, *Cell*, **137** (2009).
14. Yarilin A. A. Apoptosis: the nature of the phenomenon and its role in health and disease, *Actual problems of pathophysiology*, 13–56 (M.: Medicine, 2001).

15. Qiu L. Q., Sinniah R., Hsu S. I. Coupled induction of iNOS and p53 upregulation in renal resident cells may be linked with apoptotic activity in the pathogenesis of progressive IgA nephropathy, *J. Am. Soc. Nephrol.*, **15**, 8 (2004).
16. Bitar M. S., Wahid S., Mustafa S., Al-Saleh E., Dhaunsi G. S., Al-Mulla F. Nitric oxide dynamics and endothelial dysfunction in type II model of genetic diabetes, *Eur. J. Pharmacol.*, **511**, 1 (2005).
17. Creager M. A., Lüscher T. F., Cosentino F., Beckman J. A. Diabetes and vascular disease: pathophysiology, clinical consequences, and medical therapy: Part I, *Circulation*, **108**, 12 (2003).
18. Endemann D. H., Schiffrin E. L. Nitric oxide, oxidative excess, and vascular complications of diabetes mellitus, *Curr. Hypertens. Rep.*, **6**, 2 (2004).
19. Goldin A., Beckman J. A., Schmidt A. M., Creager M. A. Advanced glycation end products: sparking the development of diabetic vascular injury, *Circulation*, **114**, 6 (2006).
20. Dzugkoev S. G., Kozyrev K. M., Gumanova N. G., Dzugkoeva F. S. Effect of afobazole on biochemical and histopathomorphological parameters of endothelial dysfunction in experimental diabetes mellitus in rats, *Biomedical Chemistry*, **58**, 4 (2012).
21. Valeeva I. Kh., Ziganshina L. E., Burnashova Z. A., Ziganshin A. U. Effect of dimephosphone and xydifon on lipid peroxidation and antioxidant system in rats treated with prednisolone for a long time, *Experimental and Clinical Pharmacology*, **65**, 2 (2002).
22. Melekhina E. V., Osmanov I. M., Neudakhin E. V., Tabolin V. A., Volkov I. E., Sumakova I. A., Dlin V. V. Nitric oxide in kidney damage in children with insulin-dependent diabetes mellitus, *Nephrology and dialysis*, **3**, 2 (2001).
23. Pozhilova E. V., Novikov V. E. Nitric oxide synthase and endogenous nitric oxide in cell physiology and pathology, *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*, **14**, 4 (2015).
24. Christian D., Arnfried U. K., Markus P. S. Effect of angiotensin receptor blockade on central haemodynamics in essential hypertension: results of a randomised trial, *Journal of Renin-Angiotensin-Aldosterone System*, **9** (2008).
25. Herrera M., Silva G., Garvin J. L. A high-salt diet dissociates NO synthase-3 expression and NO production by the THAL, *Hypertension*, **47** (2006).
26. Mattson D. L., Wu F. Nitric oxide synthase activity and isoforms in rat renal vasculature, *Hypertension*, **35** (2000).
27. Ortiz P. A., Garvin J. L. Role of nitric oxide in the regulation of nephron transport, *Am. J. Physiol Renal Physiol.*, **282** (2002).
28. Wilcox C. S., Welch W. J., Murad F., Gross S. S., Taylor G., Levi R., Schmidt H. W. Nitric oxide synthase in macula densa regulates glomerular capillary pressure, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **89** (1992).
29. Mishra P. K., Raghuram G. V., Panwar H. Mitochondrial oxidative stress elicits chromosomal instability after exposure to isocyanates in human kidney epithelial cells, *Free Radic. Res.*, **43**, 8 (2009).
30. Vaseva A. V., Moll U. M. The mitochondrial p53 pathway, *Biochim. Biophys. Acta.*, **1787**, 5 (2009).
31. Suzuki T., Matsusaka T., Nakayama M. Genetic podocyte lineage reveals progressive podocytopenia with parietal cell hyperplasia in a murine model of cellular/collapsing focal segmental glomerulosclerosis, *Am. J. Pathol.*, **174**, 5 (2009).
32. Lukanina S. N. Evaluation of the effectiveness of protecting the kidneys of rats with antioxidant thiophane under oxidative stress, *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, **11** (2010).
33. Lukanina S. N., Sakharov A. V., Prosenko A. E., Zhuchayev K. V. Features of hydro- and ionoretic functions of rat kidneys under oxidative stress, *Bulletin of Tver State University., Series "Biology and Ecology"*, **1** (2017).
34. Savill J. Apoptosis and the Kidney, *J. Am. Soc. Nephrol.*, **5** (1994).
35. Chang I. Y., Kim J. N., Jun J. Y. Repression of apurinic/apyrimidinic endonuclease by p53-dependent apoptosis in hydronephrosis-induced rat kidney, *Free Radic. Res.*, **45**, 6 (2011).
36. Dedkova E. N., Blatter L. A. Trimetazidine effects on the mitochondrial metabolism during rabbit heart failure, *The Journal of Physiology*, **587**, 4 (2009).
37. Omar S. A., Webb A. G. Nitrite reduction and cardiovascular protection, *Journal of Molecular and Cellular Cardiology*, **73** (2014).
38. Filimonova M. V., Yuzhakov V. V., Shevchenko L. I. Experimental study of the antitumor activity of a new nitric oxide synthase inhibitor T1023, *Molecular Medicine*, **1** (2015).

39. Novikov V. E., Klimkina E. I. Pharmacology of hepatoprotectors, *Reviews of clinical pharmacology and drug therapy*, **4**, 1 (2005).
40. Novikov V. E., Klimkina E. I. Effect of hypoxen on the morpho-functional state of the liver during exogenous intoxication, *Experimental and Clinical Pharmacology*, **72**, 5 (2009).
41. Pozhilova E. V., Novikov V. E., Levchenkova O. S. Reactive oxygen species in the physiology of cell pathology, *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*, **14**, 2 (2015).
42. Turgeneva L. B., Novikov V. E., Pozhilova E. V. Treatment of inflammatory periodontal diseases with mexidol, *Pathogenesis*, **9**, 3 (2011).
43. Forstermann U., Sessa W. S. Nitric oxide synthases: regulation and function, *European Heart Journal*, **33**, 7 (2012).
44. Novikov V. E. Possibilities of pharmacological neuroprotection in traumatic brain injury, *Psychopharmacology and biological narcology*, **7**, 2 (2007).
45. Novikov V. E., Kovaleva L. A. Effect of substances with nootropic activity on oxidative phosphorylation in brain mitochondria in acute traumatic brain injury, *Experimental and Clinical Pharmacology*, **60**, 1 (1997).
46. Novikov V. E., Kovaleva L. A. Effect of nootropics on the function of brain mitochondria in the dynamics of traumatic brain injury in the age aspect, *Experimental and Clinical Pharmacology*, **61**, 2 (1998).
47. Lukanina S. N., Sakharov A. V., Prosenko A. E., Zhuchaev K. V. Evaluation of the effectiveness of controlling the mechanisms of nephropathy with long-term use of glucocorticoids, *Bulletin of the Novosibirsk State Pedagogical University*, **5** (2016).
48. Brune B., von Knethen A., Sandau K. B. Nitic oxide and its role in apoptosis, *European Journal of Pharmacology*, **351**, 3 (1998).
49. Belenichev I. F., Cherniy V. I., Kolesnik Yu. M. Rational neuroprotection, 262 (Donetsk: Publisher Zaslavsky A. Yu., 2009).



**УДК 574.472:595.7**

## **СТРУКТУРА ТРЕХ ЯРУСОВ ЭНТОМОЦЕНОЗА ОВСА ПОСЕВНОГО В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ**

*Мармулева Е. Ю., Селюк М. П.*

*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия  
E-mail: marmuleva.elena@yandex.ru*

Исследован таксономический состав насекомых в напочвенном, среднем и верхнем ярусах травостоя овса, рассмотрена динамика численности. Работа выполнялась в Новосибирском районе Новосибирской области на опытных полях Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции на овсе сорта Ровесник. Технология возделывания культуры соответствовала зональным рекомендациям. Объектами исследований были насекомые в травостое овса по ярусам, отобранные разными методами: почвенными ловушками, контейнерами, кошением энтомологическим сачком. В посевах присутствовали представители 26 семейств из 7 отрядов насекомых. Выявлена значительная разница в таксономическом составе насекомых в зависимости от яруса. В напочвенном ярусе в максимальном количестве представлен отряд *Coleoptera*, в котором преобладали энтомофаги из семейства *Carabidae*, встречались *Coccinellidae* и *Staphylinidae*. Численность фитофагов в напочвенном ярусе была низкой. В среднем ярусе доминировали фитофаги: галлицы *Cecidomyiidae* и злаковые тли *Aphididae*, из энтомофагов отмечены *Coccinellidae*. В верхнем ярусе преобладали фитофаги: злаковые мухи *Chloropidae* и злаковые трипсы *Thripidae*. Верхний ярус травостоя овса был представлен большим таксономическим разнообразием энтомофагов: паразитов и хищников. Коэффициент общности между ярусами в отношении состава насекомых был низким и колебался незначительно. Динамика численности фитофагов зависела от фазы развития растения, энтомофагов – от нарастающей плотности вредителей овса.

**Ключевые слова:** ярус, агроценоз овса, энтомоценоз, энтомофаг, фитофаг.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одним из самых богатых видами беспозвоночных ценозов является травостой растений. Травостой характеризуется специфическими биотическими и абиотическими условиями, что в свою очередь создает широкий набор экологических ниш. Это объясняет значительное разнообразие, обитающих в нем беспозвоночных, как в таксономическом, так и в адаптивных отношениях [1]. Изучение особенностей структуры и динамики численности энтомокомплексов беспозвоночных в условиях различных ярусов позволяет понять основные механизмы формирования и функционирования экосистем и биоценозов [2, 3].

Изменение структуры сельскохозяйственного производства привело к нарушению севооборотов, несбалансированности агрофитоценозов, и, как следствие, ухудшению фитосанитарной обстановки, высокому распространению вредителей на многих сельскохозяйственных культурах [4–7].

Сейчас практически нет биоценозов, которые в той или иной степени не испытали бы влияние антропогенных факторов [8]. Особенно это характерно для

сельскохозяйственных регионов России, таких как Западная Сибирь. Сельскохозяйственные угодья Западной Сибири составляют 35,8 млн. га, в том числе пашня – 20 млн. га. Основные угодья размещены на юге региона: в Алтайском крае, Новосибирской и Омской областях, где широко возделываются зерновые, зернобобовые культуры, многолетние и кормовые травы.

В структуре агро- и естественных ценозов можно выделить несколько ярусов, которые существенно отличаются друг от друга по видовому составу и численности членистоногих. В ряде исследований, проведенных в европейской части России, выявлено наличие вертикальной структуры биоценозов или ярусности в распределении членистоногих. Отмечено, что в каждом ярусе формируется особый энтомокомплекс, отличающийся по своим характеристикам от других [9, 10].

Исследований по изучению ярусности энтомоценозов травостоя проведено недостаточно. В основном изучаются энтомокомплексы отдельных видов растений, ярусов, либо конкретные виды насекомых [11–14]. Овес является распространенной в Западной Сибири кормовой культурой, на которой инсектицидные обработки проводят редко, поэтому он является оптимальной моделью для рассмотрения естественной ситуации, складывающейся между вредителями и их энтомофагами [15]. В проведенных ранее исследованиях в агроценозе травостоя овса отмечены доминирующие таксоны из семейств *Thripidae*, *Cicadellidae*, *Aphididae* и их энтомофаги *Coccinellidae*, *Chrysopidae*, *Syrphidae* [15–18].

Адаптация живых организмов к антропогенному влиянию приобретает большие масштабы, поэтому важнейшей задачей биологической науки является всестороннее изучение характера изменений в структуре экосистем и их важнейших биотических компонентов [19–21].

Но многими исследователями и представителями агропромышленных предприятий недооценивается возможность наличия саморегулирующего механизма в агроландшафтах, сходного с природными биоценозами. Агроландшафт считают простым биоценозом, обедненным по видовому составу составляющих его компонентов. Основное внимание уделяется фитофагам, повреждающим сельскохозяйственные растения или группам насекомых, обитающих в агроценозах той или иной культуры. При таком подходе, для подавления вспышек размножения вредителей, применяются масштабные обработки посевов химическими препаратами [8].

Наиболее полное представление о составе энтомокомплексов дает информация, полученная с помощью различных методов учета насекомых и отражающая их вертикальное распределение по ярусам растений. В связи с вышесказанным, **цель** исследований состояла в изучении вертикальной структуры энтомокомплекса овса посевного в северной лесостепи Приобья.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на опытных полях Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции на овсе сорта Ровесник в 2021 году. Овес возделывался по традиционной технологии на семенном участке высоких репродукций, площадью 1 га.

Объектами исследований являлись насекомые посева овса в разных ярусах. При учете насекомых использовали следующие методы: кошение стандартным энтомологическим сачком (верхний ярус травостоя), использование контейнеров, поставленных на поверхность почвы (средний ярус) и почвенных ловушек, врытых до верхнего края в землю, (напочвенный ярус) [22–25]. Учеты проводили в четырехкратной повторности в течение вегетации растений. Кошение, а также замена содержимого контейнеров и ловушек осуществлялось раз в неделю. Отловлено 1930 насекомых. Для анализа сходства таксономического состава насекомых разных ярусов использовали коэффициент Жаккара. Статистическую обработку данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов [26] с использованием пакетов программ SNEDECOR [27].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выяснение особенностей формирования основных компонентов агроэнтомоценоза овса позволило установить, что в посевах присутствовали представители 8 отрядов и 26 семейств насекомых. В энтомокомплексе отмечены фитофаги, энтомофаги и сапрофаги – мертвоеды (*Silphidae*).

Основными фитофагами овса были специализированные вредители зерновых культур: злаковые мухи (*Diptera, Chloropidae*), злаковые трипсы (*Thysanoptera, Thripidae*), хлебные блошки (*Coleoptera, Chrysomelidae*), комплекс злаковых тлей (*Hemiptera, Aphididae*).

Встречались многоядные вредители и олигофаги: щелкуны (*Coleoptera, Elateridae*), чернотелки (*Coleoptera, Tenebrionidae*), цикадки (*Hemiptera, Cicadellidae*), щитники (*Hemiptera, Pentatomidae*), слепняки (*Hemiptera, Miridae*).

Среди энтомофагов отмечены следующие таксоны. Из паразитов присутствовали: бракониды (*Hymenoptera, Braconidae*), ихневмониды (*Hymenoptera, Ichneumonidae*), хальциды (*Hymenoptera, n/сем. Chalcidoidea*). Из хищников – златоглазки (*Neuroptera, Chrysopidae*), набида (*Hemiptera, Nabidae*), антокориды (*Hemiptera, Anthocoridae*), хищные трипсы (*Thysanoptera, Aeolothripidae*), жужелицы (*Coleoptera, Carabidae*), божьи коровки (*Coleoptera, Coccinellidae*), стафилиниды (*Coleoptera, Staphylinidae*), сирфиды (*Diptera, Syrphidae*).

По литературным данным, необходимо различать несколько ярусов в посевах культурных растений, на которых можно найти комплексы насекомых, отличных друг от друга [28]. Нами были рассмотрены три яруса. Структура энтомоценоза нижнего, напочвенного яруса травостоя овса, представлена в таблице 1. Мониторинг насекомых этого яруса выполнен с помощью почвенных ловушек. Микроклимату напочвенного яруса характерно плавное изменение температур в течение суток по сравнению с верхним и средним ярусом [25].

По результатам исследований, в напочвенном ярусе травостоя овса присутствовали представители 16 семейств из 5 отрядов. Отряд *Coleoptera* был представлен наибольшим числом семейств: *Carabidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Curculionidae, Silphidae, Elateridae, Tenebrionidae, Staphylinidae, Cleridae*.

Таблица 1

Структура энтомоценоза напочвенного яруса овса посевного

№ п/п	Отряд	Семейство	Lim	Представленность в пробах, %	Общая числ., экз.	% от общей числ.
1	Прямокрылые <i>Orthoptera</i>	Кузнечики <i>Tettigoniidae</i>	0-1	11,1	1	0,5
2	Полужесткокрылые <i>Hemiptera</i>	Настоящие тли <i>Aphididae</i>	0-12	44,4	33	17,8
		Цикадки <i>Cicadellidae</i>	0-2	22,2	3	1,6
3	Жесткокрылые <i>Coleoptera</i>	Жужелицы <i>Carabidae</i>	0-14	66,7	49	26,5
		Листоеды <i>Chrysomelidae</i>	0-2	44,4	6	3,2
		Божьи коровки <i>Coccinellidae</i>	0-20	77,8	34	18,4
		Долгоносики <i>Curculionidae</i>	0-3	55,6	10	5,4
		Щелкуны <i>Elateridae</i>	0-2	11,1	2	1,1
		Мертвоеды <i>Silphidae</i>	0-3	22,2	5	2,7
		Чернотелки <i>Tenebrionidae</i>	0-2	11,1	2	1,1
		Стафилиниды <i>Staphylinidae</i>	0-10	55,6	25	13,5
		Пестряки – <i>Cleridae</i>	0-1	11,1	1	0,5
4	Перепончатокрылые <i>Hymenoptera</i>	Ихневмониды <i>Ichneumonidae</i>	0-2	44,4	5	2,7
		Хальциды н/сем. <i>Chalcidoidea</i>	0-1	11,1	1	0,5
5	Двукрылые <i>Diptera</i>	Журчалки <i>Syrphidae</i>	0-1	11,1	1	0,5
		Цветочницы <i>Anthomyiidae</i>	0-3	33,3	7	3,8

Примечание: цветом выделены полезные насекомые

В этом ярусе насекомые в пробах присутствовали не постоянно. Представленность и более высокая численность была у хищных энтомофагов, по сравнению с фитофагами. Из хищников в максимальном количестве отмечены представители семейства *Carabidae* (26,5 % от отловленных насекомых, обитающих

в напочвенном ярусе).

По результатам учетов, семейство *Carabidae* было представлено шестью родами, которые различались по своей пищевой направленности. Больше всего встречалось представителей родов *Pterostichus* (28,6 %) и *Poecilus* (24,5 %) (зоофаги). На третье место по численности выходили представители рода *Amara* (18,4 %) (миксофитофаги). Также были обнаружены представители родов *Bembidion* (10,2 %) (зоофаги), *Harpalus* (10,2 %) (миксофитофаги) и *Broscus* (8,1 %) (зоофаги). Динамика их численности представлена на рисунке 1.

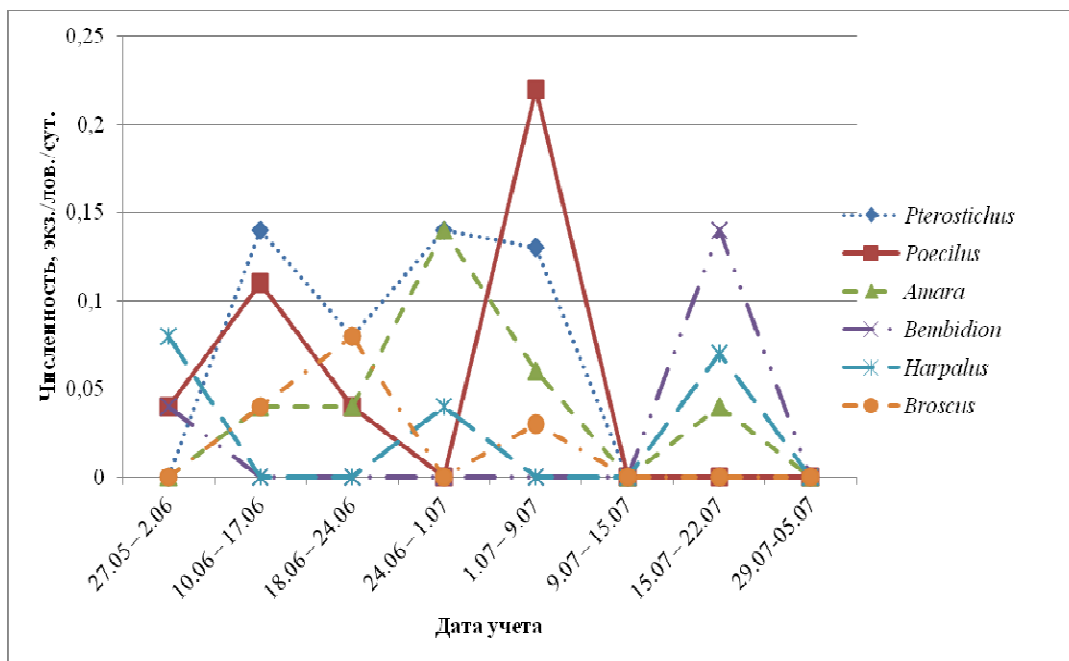


Рис. 1. Динамика численности основных родов семейства *Carabidae* на посевах овса (напочвенный ярус) ( $HCP_{05}$  по родам = 0,06;  $HCP_{05}$  по датам = 0,06).

С фазы кушения до колошения овса (с первой декады июня по первую декаду июля) род *Pterostichus* и род *Poecilus* имели максимальную численность и широкое распространение в энтомокомплексе напочвенного яруса. Это связано с тем, что представители этих родов хорошо адаптированы к условиям, складывающимся в агроценозах различных культур. Род *Amara* в течение всей вегетации встречался на среднем уровне, только в фазу выхода в трубку (вторая декада июня – начало июля) было отмечено увеличение его численности. Представители родов *Bembidion*, *Harpalus*, *Broscus* встречались в напочвенном ярусе травостоя овса в минимальном количестве.

Численность фитофагов была меньше. Среди них преобладали вредители зерновых культур отряда *Hemiptera* семейства *Aphididae* (злаковые тли) – одни из основных фитофагов, встречающихся на данной культуре, которые легко попадают на почву с порывами ветра. Достаточно высокую численность имели *Coccinellidae*

(18,4 %) – тлевые хищники. Энтомофаги, которые преваляровали в напочвенном ярусе, способны поедать многих вредителей, поэтому можно говорить об их регулирующей функции для этого яруса.

В таблице 2 представлен энтомоценоз среднего яруса. Микроклимат среднего яруса обладает большей увлажненностью, чем верхний ярус и меньшей, чем напочвенный. То же касается среднесуточного хода температур. Обитателями его являются в основном фитофаги, так как здесь находится основная биомасса растения, прежде всего его надземная вегетативная часть [25].

Таблица 2

Структура энтомоценоза среднего яруса овса посевного

№ п/п	Отряд	Семейство	Lim	Представленность в пробах, %	Общая числ., экз.	% от общей числ.
1	Полужесткокрылые <i>Hemiptera</i>	Настоящие тли <i>Aphididae</i>	0-26	55,5	56	35,7
2	Бахромчатокрылые <i>Thysanoptera</i>	Настоящие трипсы <i>Thripidae</i>	0-9	44,4	16	10,1
3	Жесткокрылые <i>Coleoptera</i>	Жужелицы <i>Carabidae</i>	0-1	11,1	1	0,8
		Листоеды <i>Chrysomelidae</i>	0-5	66,6	14	8,9
		Божьи коровки <i>Coccinellidae</i>	0-5	66,6	16	10,1
4	Перепончатокрылые <i>Hymenoptera</i>	Злаковые пильщики <i>Cephididae</i>	0-1	11,1	1	0,6
		Ихневмониды <i>Ichneumonidae</i>	0-2	11,1	2	1,3
5	Двукрылые <i>Diptera</i>	Галлицы <i>Cecidomyiidae</i>	0-50	11,1	50	31,8
		Цветочницы <i>Anthomyiidae</i>	0-1	11,1	1	0,6

Примечание: цветом выделены полезные насекомые

В среднем ярусе присутствовали насекомые 9 семейств из 5 отрядов. Больше всего семейств отмечено в отряде *Coleoptera*. Это семейства – *Carabidae*, *Chrysomelidae*, *Coccinellidae*. Основную часть насекомых составляли фитофаги. Преобладали вредители из семейства *Aphididae* (в основном злаковые тли) и *Cecidomyiidae* (преваляровала гессенская муха) – 35,7 % и 31,8 % соответственно от общей численности насекомых, обитающих в среднем ярусе травостоя. В меньшем количестве были обнаружены фитофаги – представители семейства *Thripidae* (в

**СТРУКТУРА ТРЕХ ЯРУСОВ ЭНТОМОЦЕНОЗА ОВСА ПОСЕВНОГО ...**

основном, злаковые трипсы – 10,1 %) и семейства *Chrysomelidae* (в основном, хлебные полосатые блошки – 8,9 %). Их представленность в пробах была выше по сравнению с энтомофагами. В среднем ярусе травостоя овса основными энтомофагами были *Coccinellidae* (10,1 %). Как и в напочвенном ярусе, не выявлено ни одного семейства, которое бы присутствовало в пробах постоянно.

Имаго *Cecidomyiidae* были активны только в период кушения овса (конец мая – начало июня). Наибольшая численность фитофагов (*Aphididae*) была зафиксирована с периода цветения до начала молочной спелости зерна (конец первой декады – середина второй декады июля). В это время наблюдалась и тенденция роста численности *Thripidae*. Наибольшая активность *Coccinellidae* была зафиксирована в период молочной спелости (вторая – третья декада июля). В это время в среднем ярусе находились только их личинки, через неделю начался вылет имаго. Массовое появление энтомофагов в этом ярусе связано с увеличением численности вредителей овса.

Верхний ярус – это верхушки растений. Микроклимат этого яруса не только отличается наибольшей сухостью воздуха, по сравнению с другими ярусами, рассмотренными ранее, но и характеризуется более интенсивной освещенностью [25]. Здесь, наряду с другими, присутствуют фитофаги, питающиеся генеративными органами растений, а также энтомофаги, среди которых преобладают хищники. Результаты учетов энтомоценоза овса верхнего яруса представлены в таблице 3.

**Таблица 3**

**Структура энтомоценоза верхнего яруса овса посевого**

№ п/п	Отряд	Семейство	Lim	Представленность в пробах, %	Общая числ., экз.	% от общей числ.
1	2	3	4	5	6	7
1	Прямокрылые <i>Orthoptera</i>	Кузнечики <i>Tettigoniidae</i>	0-1	11,1	1	0,1
2	Полужесткокрылые <i>Hemiptera</i>	Настоящие тли <i>Aphididae</i>	0-35	66,7	102	6,5
		Цикадки <i>Cicadellidae</i>	0-19	77,8	99	6,3
		Настоящие щитники <i>Pentatomidae</i>	0-2	11,1	2	0,1
		Слепняки <i>Miridae</i>	0-7	66,7	16	1
		Набиды <i>Nabidae</i>	0-1	66,7	2	0,1
		Антокориды <i>Anthocoridae</i>	0-2	11,1	2	0,1

Продолжение таблицы 3

3	Бахромчатокрылые <i>Thysanoptera</i>	Настоящие трипсы <i>Thripidae</i>	0-78	77,8	247	15,6
		Хищные трипсы <i>Aeolothripidae</i>	0-16	44,4	33	2,1
4	Жесткокрылые <i>Coleoptera</i>	Листоеды <i>Chrysomelidae</i>	0-97	44,4	229	14,5
		Божьи коровки <i>Coccinellidae</i>	0-44	77,8	117	7,4
		Долгоносики <i>Curculionidae</i>	0-1	22,2	2	0,1
		Стафилиниды <i>Staphylinidae</i>	0-1	44,4	3	0,2
5	Сетчатокрылые <i>Neuroptera</i>	Златоглазки <i>Chrysopidae</i>	0-7	22,2	11	0,7
6	Перепончатокрылые <i>Hymenoptera</i>	Злаковые илильщики <i>Cephidae</i>	0-2	22,2	3	0,2
		Бракониды <i>Braconidae</i>	0-2	11,1	2	0,1
		Ихневмониды <i>Ichneumonidae</i>	0-7	55,6	25	1,6
		Хальциды н/сем. <i>Chalcidoidea</i>	0-8	33,3	15	1
7	Двукрылые <i>Diptera</i>	Злаковые мухи <i>Chloropidae</i>	0-138	77,8	593	37,5
		Журчалки <i>Syrphidae</i>	0-3	44,4	6	0,4
		Галлицы <i>Cecidomyiidae</i>	0-5	44,4	12	0,8
		Цветочницы <i>Anthomyiidae</i>	0-31	66,7	59	3,7

Примечание: цветом выделены полезные насекомые

Верхний ярус травостоя овса отличался большим таксономическим разнообразием по сравнению с напочвенным и средним ярусами. В нем присутствовали представители всех 7 отрядов, комплекс насчитывал 22 семейства.

Отряды *Hemiptera*, *Coleoptera*, *Hymenoptera*, *Diptera* в своем составе насчитывали представителей четырех семейств. Отряд *Hemiptera* содержал семейства *Pentatomidae*, *Miridae*, *Nabidae*, *Anthocoridae*, *Aphididae* и *Cicadellidae*; отряд *Coleoptera* – семейства *Chrysomelidae*, *Coccinellidae*, *Curculionidae*, *Staphylinidae*; отряд *Hymenoptera* – семейства *Cephidae*, *Braconidae*, *Ichneumonidae*, н/сем. *Chalcidoidea*; отряд *Diptera* – семейства *Chloropidae*, *Syrphidae*, *Cecidomyiidae*, *Anthomyiidae*. Большинство насекомых относились к фитофагам



овса. Представленность в пробах самой высокой из фитофагов была у имаго злаковых мух *Chloropidae* (37,5 % от всех насекомых этого яруса). Злаковые трипсы *Thripidae* и хлебные блошки *Chrysomelidae* составляли 15,6 % и 14,5 % от общей численности соответственно.

По сравнению с предыдущим ярусом, верхний ярус травостоя овса представлен большим таксономическим разнообразием энтомофагов. Особое значение среди энтомофагов имели хищники: божьи коровки *Coccinellidae* и хищные трипсы *Aeolothripidae*. Они составляли 7,4 % и 2,1 % соответственно от численности насекомых этого яруса. Меньшей численностью обладали паразиты. Они были представлены н/семейством *Chalcidoidea* и семействами: *Ichneumonidae*, *Braconidae*. Кроме того присутствовали хищники из семейств *Nabidae*, *Anthocoridae*, *Chrysopidae*, *Staphylinidae* и *Syrphidae*.

Злаковые мухи *Chloropidae* (летнее поколение) начали появляться в массе с фазы колошения овса (конец первой декады июля). Имаго злаковых трипсов показали максимальную численность в молочную спелость (начало третьей декады июля). Увеличение численности *Coccinellidae* также зафиксировано в фазу молочной спелости овса. В это время в верхнем ярусе присутствовало массовое скопление личинок. Высокая численность их имаго была отслежена в молочно-восковую спелость (первая декада августа). Увеличение численности хищных трипсов семейства *Aeolothripidae* наблюдалось в первую и третью декаду июля.

На рисунке 2 представлена степень доминирования фитофагов и энтомофагов по ярусам.

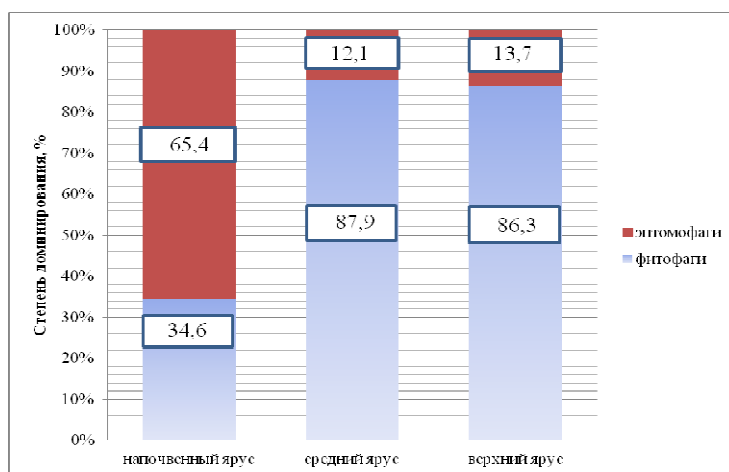


Рис. 2. Деление насекомых по трофической направленности в зависимости от яруса, %.

В напочвенном ярусе преобладали энтомофаги (65,4 %). Среди них доминировали хищники из семейств *Carabidae*, *Coccinellidae*, *Staphylinidae*. Средний и верхний ярусы были максимально заселены фитофагами, степень их доминирования находилась на уровне 86,3–87,9 %. В среднем ярусе высокую

численность имели фитофаги из семейств *Aphididae* и *Cecidomyiidae*, в верхнем – *Chloropidae* и *Thripidae*.

Полученные нами результаты, подтверждают литературные данные о том, что надземные биогоризонты (верхний и средний ярусы) характеризуются доминированием фитофагов, причем каждому ярусу соответствует свой специфический комплекс насекомых. Это связано с тем, что здесь находится основная биомасса растений – вегетативные или генеративные органы. В напочвенном ярусе доминируют хищники. Согласно Громенко В. М. и др. [2009] на долю энтомофагов-хищников в этом ярусе приходится 82,4 % от общего количества насекомых. Одной из главных функций обитателей напочвенного яруса, по мнению авторов, является – регуляторная [9].

Для количественной оценки общности состава энтомокомплексов трех ярусов овса использовали коэффициент Жаккара. Полученные данные свидетельствуют, что сходство между ярусами агроценоза овса в отношении состава насекомых являлось низким. Коэффициенты общности по ярусам колебались незначительно – от 0,29 до 0,41.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно отметить, что изучение насекомых с помощью почвенных ловушек, контейнеров и кошений показало очевидные различия энтомокомплексов разных ярусов. В напочвенном ярусе в максимальном количестве был представлен отряд *Coleoptera* с преобладанием энтомофагов из семейства *Carabidae*. В среднем и верхнем ярусах преобладали фитофаги. В среднем ярусе доминировали галлицы *Cecidomyiidae* и злаковые тли *Aphididae*, в верхнем – злаковые мухи *Chloropidae* и злаковые трипсы *Thripidae*. К тому же верхний ярус отличался большим таксономическим разнообразием энтомофагов – паразитов и хищников. Динамика численности фитофагов зависела от фазы развития растения, энтомофагов – от нарастающей плотности вредителей овса.

Полученные нами данные с помощью различных методов учета подтверждают различие энтомокомплексов агроценоза овса по ярусам. Такой подход позволяет наиболее полно оценить таксономический состав насекомых и регулируемую роль энтомофагов.

### Список литературы

1. Лагунов А. В. Морфологические особенности полужесткокрылых (*Insecta, Hemiptera*), обитающих в травянистом ярусе / Лагунов А. В. // Беспозвоночные животные Южного Зауралья и сопредельных территорий. Материалы Всероссийской конференции, 14–16 апреля 1998г. Курган: Из-во Курганского университета, 1998. – С. 212–215.
2. Чичков Б. М. Особенности надвидовой структуры хортобионтного комплекса беспозвоночных в агроценозах и естественных фитоценозах / Б. М. Чичков // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. – 2004. – № 1. – С. 192–196.
3. Мармулева Е. Ю. Экологическая оценка энтомокомплекса в лесостепи Приобья / Е. Ю. Мармулева, Е. Ю. Торопова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 7 (105). – С. 62–66.

4. Архипов М. В. Пути и возможности фитосанитарной оптимизации агроэкосистем северо-западного региона России / М. В. Архипов, Т. А. Данилова, В. А. Павлюшин [и др.] // Вестник защиты растений. – 2017. – № 2(92). – С. 5–14.
5. Шпанев А. М. Биоценологическое обоснование фитосанитарной устойчивости агроэкосистем юго-востока ЦЧЗ (на примере Каменной Степи): специальность 06.01.07 "Защита растений" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Шпанев Александр Михайлович. – Санкт-Петербург, 2013. – 42 с.
6. Посажеников С. Н. Энтомокомплекс яруса травостоя на доннике желтом в южной лесостепи Новосибирской области / С. Н. Посажеников, Е. Ю. Мармулева, Е. Ю. Торопова // Экологический подход к решению проблем интегрированной защиты растений : Сборник трудов Международной конференции Сибирской научной школы по защите растений, посвященной 85-летию со дня рождения В. А. Чулкиной, Новосибирск, 19 апреля 2019 года / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 76–80.
7. Слепцова Н. А. Влияние агроклиматических условий и распространение болезней и вредителей на посевах овса в условиях Якутии / Н. А. Слепцова, Н. И. Петрова // Вестник СКГУ имени М. Козыбаева. – 2019. – № 1 (42). – С. 63–66.
8. Сумароков А. М. Видовое разнообразие фауны жесткокрылых (*Coleoptera*) биоценозов степной зоны Украины / А. М. Сумароков // Труды русского энтомологического общества. – СПб., 2003. – Т. 74. – С. 95–100.
9. Громенко В. М. Особенности вертикального распределения фауны солончаковых биогеоценозов Крымского Присивашья / В. М. Громенко, В. Б. Пышкин, А. В. Ивашов // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Том 22 (61), № 3. – С. 20–28.
10. Афонина В. М. Вертикальное размещение и миграции членистоногих в растительности / В. М. Афонина, А. М. Семенов // Труды русского энтомологического общества. – Новосибирск. – 2017. – С. 35–36.
11. Коробов В. А. Вредоносность пшеничного трипса в Западной Сибири / В. А. Коробов, Т. А. Собакарь, Н. Н. Поскольный // Защита растений. – 1995. – № 7. – С. 42.
12. Горбунов Н. Н. Изучение фенологии пшеничного поля / Н. Н. Горбунов, Т. А. Собакарь, Н. Н. Поскольный. [и др.] // Науч.-техн. бюл. ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. СИБНИИ земледелия и химизации сел. хоз-ва. – Новосибирск, 1984. – Вып. 22. – С. 6–13.
13. Фисечко Р. Н. К методике изучения некоторых биологических свойств темной цикадки / Р. Н. Фисечко, Е. Ю. Мармулева, // Научн.-техн. бюл. ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. СИБНИИ земледелия и химизации сел. хоз-ва. – Новосибирск, 1989. – Вып. 3. – С. 16–20.
14. Бокина И. Г. Энтомофаги злаковых тлей в Западной Сибири / И. Г. Бокина // Защита и карантин растений. – 1999. – № 7. – С. 13–14.
15. Мармулева Е. Ю. Экологическая оценка энтомокомплекса овса в лесостепи Приобья / Е. Ю. Мармулева, Е. Ю. Торопова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – № 7 (105). – С. 62–66.
16. Kumar R. Occurrence of insect-pests and natural enemies infesting oats (*Avena sativa* L.) in North Kashmir. / R. Kumar, K. Rasool // Journal of entomology and zoology studies. – 2019. – № 7. – PP. 818–825.
17. Rafael Azevedo da Silva. Entomofauna associated with *Avena sativa* in southern Mato Grosso do Sul, Brazil / Rafael Azevedo da Silva, Degrande Paulo Eduardo, Ellen Patricia de Souza [et al.] / Agricultural entomology. Arquivos do Instituto Biologico. – 2019. – V. 86, 1–6. – e1012017.
18. Мармулева Е. Ю. Экологический анализ энтомокомплексов кормовых злаковых культур северной лесостепи Приобья / Е. Ю. Мармулева, Е. Ю. Торопова, В. М. Гришин // Вестник НГАУ. 2017. – № 3 (44). – С. 45–54.
19. Северцов А. С. Внутривидовое разнообразие как причина эволюционной стабильности / А. С. Северцов // Журнал общей биологии. – 1990. – Т. 51, № 5. – С. 579–589.
20. Емельянов И. Г. Разнообразие и его роль в функциональной устойчивости и эволюции экосистем. / Емельянов И. Г. – Киев, 1999. – 168 с.
21. Гордиенко Т. А. Структурная организация сообщества наземных и почвенных беспозвоночных на естественных и нарушенных участках Танаевских лугов Национального парка "Нижняя Кама" /

- Т. А. Гордиенко, Д. Н. Вавилов, Ю. А. Лукьянова // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. – 2021. – № 29. – С. 38–50.
22. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. / К. К. Фасулати. – М.: Высшая школа, 1971. – 424 с.
  23. Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука, 1975. – 280 с.
  24. Чулкина В. А. Фитосанитарная диагностика агроэкосистем. Учебно-практическое пособие. / В. А. Чулкина, Е. Ю. Торопова [и др.]. – Барнаул. – 2017. – 210 с.
  25. Чернышев В. Б. Сельскохозяйственная энтомология (экологические основы): курс лекций / В. Б. Чернышев. – М.: Изд-во Триумф, 2012. – 232 с.
  26. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
  27. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере // О. Д. Сорокин. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.
  28. Афонина В. М. Метод сбора членистоногих – обитателей травянистой растительности / В. М. Афонина, В. Б. Чернышев, А. Н. Семенов [и др.] // Труды русского энтомологического общества. – Санкт-Петербург, 2012. – С. 34.

## **THE STRUCTURE OF THREE TIERS OF ENTOMOCENOSIS OF SOWN OATS IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OF THE OB REGION**

*Marmuleva E. Yu., Selyuk M. P.*

*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia  
E-mail: marmuleva.elena@yandex.ru*

Oats are a common forage crop in Western Siberia. Insecticidal treatments are rarely carried out on oats, so it is the optimal model for considering the natural situation that develops between pests and their entomophages. The purpose of the research was to study the vertical structure of the entomocomplex of sown oats in the northern forest-steppe of the Ob region.

The work was carried out in the Novosibirsk district of the Novosibirsk region in the experimental fields of the Siberian Research Institute of Plant Breeding and Breeding on oats of the Rovesnik variety. The technology of cultivation of the crop corresponded to the zonal recommendations. The objects of research were insects in the oat grass by tiers, selected by different methods: soil traps, containers, mowing with an entomological net. Representatives of 26 families from 8 insect orders were present in the sowing. A total of 1,930 insects were caught.

A significant difference in the taxonomic composition of insects depending on the tier was revealed. In the ground layer, the Coleoptera order is represented in maximum numbers, in which entomophages from the family Carabidae predominated, Coccinellidae and Staphylinidae were found. The number of phytophages in the ground layer was low.

Phytophages dominated in the middle tier: gallica Cecidomyiidae and aphid aphids Aphididae, Coccinellidae were noted from entomophages. The upper tier was dominated by phytophages: cereal flies Chloropidae and cereal thrips Thripidae. The upper tier of oat grass was represented by a large taxonomic diversity of entomophages: parasites and

predators. The dynamics of the number of phytophages depended on the phase of plant development, entomophages – on the increasing density of oat pests.

To quantify the generality of the composition of entomocomplexes of three tiers of oats, the Jacquard coefficient was used. The data obtained indicate that the similarity between the tiers of the agrocenosis of oats with respect to the composition of insects was low. The coefficients of generality in the tiers fluctuated slightly – from 0.29 to 0.41.

The data obtained on the taxonomic composition of insects using various accounting methods confirm the difference between the entomocomplexes of the agrocenosis of oats by tiers. This approach allows us to fully assess the taxonomic composition of insects and the regulatory role of entomophages.

**Keywords:** tier, agrocenosis of oats, entomocenosis, entomophagus, phytophagus.

### References

1. Lagunov A. V. *Morphological features of hemiptera (Insecta, Hemiptera) living in the grassy tier, Invertebrates of the Southern Trans-Urals and adjacent territories. Materials of the All-Russian Conference*, 212, (Kurgan, 1998).
2. Chichkov B. M. Features of the supraspecific structure of the invertebrate hortobiont complex in agrocenoses and natural phytocenoses, *Izvestiya Chelyabinsk Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, **1**, 192, (2004).
3. Marmuleva E. Yu., Toropova E. Yu. Ecological assessment of entomocomplex in the forest-steppe of the Ob region, *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, **7(105)**, 62, (2013).
4. Arkhipov M. V., Danilova T. A., Pavlyushin V. A. [et al.] Ways and possibilities of phytosanitary optimization of agroecosystems of the north-western region of Russia, *Bulletin of Plant Protection*, **2(92)**, 5, (2017).
5. Shpanev A. M. *Biocenological substantiation of phytosanitary stability of agroecosystems of the South-east of the Central Economic Zone (on the example of the Stone Steppe): specialty 06.01.07 "Plant protection": abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Biological Sciences*, 42, (St. Petersburg, 2013).
6. Poszhennikov S. N., Marmuleva E. Yu., Toropova E. Yu. *Entomocomplex of a tier of herbage on a yellow clover in the southern forest-steppe of the Novosibirsk region*, Ecological approach to solving the problems of integrated plant protection : Proceedings of the International Conference of the Siberian Scientific School on Plant Protection dedicated to the 85th anniversary of the birth of V. A. Chulkina, 76, (Novosibirsk, 2019).
7. Sleptsova N. A., Petrova N. I. The influence of agro-climatic conditions and the spread of diseases and pests on oat crops in Yakutia, *Bulletin of the M. Kozybayev NCSU*, **1 (42)**, 63, 2019.
8. Sumarokov A. M. Species diversity of Coleoptera fauna of biocenoses of the steppe zone of Ukraine, *Proceedings of the Russian Entomological Society*, **74**, 95, 2003.
9. Gromenko V. M., Pyshkin V. B., Ivashov A. V. Features of vertical distribution of fauna of saline biogeocenoses of the Crimean Prisivashye, *Scientific notes of the Tauride National University named after V. I. Vernadsky. Series "Biology, Chemistry"*, **22 (61)**, **3**, 20, 2009.
10. Afonina V. M., Semenov A. M. *Vertical placement and migration of arthropods in vegetation*, Proceedings of the Russian Entomological Society, 35, (Novosibirsk, 2017).
11. Korobov V. A., Sobakar T. A., Skolny N. N. Harmfulness of wheat thrips in Western Siberia, *Plant protection*, **7**, 42, 1995.
12. Gorbunov N. N., Sobakar T. A., Skolny N. N. The study of the phenology of the wheat field, *Scientific-technical byul. VASHNIL. Sib. otd-nie. SibNII of agriculture and chemicalization of rural households*, **22**, 6, 1984.
13. Fisechko R. N., Marmuleva E. Yu. To the methodology of studying some biological properties of the dark cicada, *Scientific and Technical byul. VASHNIL. Sib. otd-nie. SibNII of agriculture and chemicalization of rural households*, **3**, 16, 1989.

14. Bokina I. G. Entomophages of cereal aphids in Western Siberia, *Protection and quarantine of plants*, **7**, 13, 1999.
15. Marmuleva E. Yu., Toropova E. Yu. Ecological assessment of the entomocomplex of oats in the forest-steppe of the Ob region, *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, **7 (105)**, 62, 2013.
16. Kumar R., Rasool K. Occurrence of insect-pests and natural enemies infesting oats (*Avena sativa* L.) in North Kashmir, *Journal of entomology and zoology studies*, **7**, 818, 2019.
17. Rafael Azevedo da Silva, Degrande Paulo Eduardo, Ellen Patricia de Souza [et al.] Entomofauna associated with *Avena sativa* in southern Mato Grosso do Sul, Brazil, *Agricultural entomology. Arquivos do Instituto Biologico*, **86**, 1, 2019.
18. Marmuleva E. Yu., Toropova E. Yu., Grishin V. M. Ecological analysis of entomocomplexes of fodder cereal crops of the northern forest-steppe of the Ob region, *Vestnik NGAU*, **3 (44)**, 45, 2017.
19. Severtsov A. S. Intraspecific diversity as a cause of evolutionary stability, *Journal of General Biology*, **51(5)**, 579, 1990.
20. Emelyanov I. G. *Diversity and its role in the functional stability and evolution of ecosystems*, 168, (Kiev, 1999).
21. Gordienko T. A., Vavilov D. N., Lukyanova Yu. A. *Structural organization of the community of terrestrial and soil invertebrates in natural and distur bed areas of the Tanaevsky meadows of the National Park "Lower Kama"*, Proceedings of the Mordovian State Nature Reserve named after P.G. Smidovich, **29**, 38, 2021.
22. Fasulati K. K. *Field study of terrestrial invertebrates*, 424 (Higher School, Moscow, 1971).
23. *Methods of soil and zoological research*, 280 (Nauka, Moscow, 1975).
24. Chulkina V. A., Toropoa E. Yu. [et al.]. Phytosanitary diagnostics of agroecosystems. *Educational and practical manual*, 210 (Barnaul, 2017).
25. Chernyshev V. B. *Agricultural entomology (ecological foundations): course of lectures*, 232 (Moscow, 2012).
26. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*, 351 (Moscow, 1985).
27. Sorokin O. D. *Applied statistics on a computer*, 222 (Krasnoobsk, 2009).
28. Afonina V. M., Chernyshev V. B., Semenov A. N. [et al.] Method of collecting arthropods – inhabitants of herbaceous vegetation, *Proceedings of the Russian Entomological Society*, 34 (St. Petersburg, 2012).

**УДК 502.75:581.526.323(262.5)**

## **ЗАПАСЫ МАКРОФИТОВ В АКВАТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ПРИБРЕЖНЫЙ АКВАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС У МЫСА САРЫЧ»**

*Миронова Н. В., Панкеева Т. В.*

*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»,  
Севастополь, Российская Федерация  
E-mail: dr.nataliya.mironova@yandex.ru*

На основе проведённой работы оценены ресурсы донной растительности и показано распределение макрофитов и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей по глубинам и участкам в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч». Выявлено, что вдоль всего побережья памятника природы на распределение запаса фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa* оказывают влияние глубина, степень антропогенной нагрузки и литологический состав донных отложений. Установлено, что акватория памятника природы характеризуется высокими продукционными показателями макрофитобентоса, в составе которого наиболее весомый вклад вносят *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*. Сохранность растительной компоненты прибрежной зоны подтверждает природоохранную ценность гидрологического памятника природы.

**Ключевые слова:** макрофитобентос, особо охраняемые природные территории, ресурсы, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, Чёрное море.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время отмечается почти повсеместное возрастание эвтрофирования шельфовой зоны Чёрного моря, которое приводит к нарушениям взаимосвязей и совместного функционирования всего биотического комплекса. Одним из основных средообразующих элементов прибрежной биоты, и во многом определяющей её состояние, является макрофитобентос. Важнейшая функциональная роль макрофитов, как первопроизводителей, участвующих в образовании органических веществ, описывается показателями их продукции. Известно, что при антропогенной трансформации водной среды ресурсная составляющая донной растительности считается наиболее уязвимым звеном побережья [1–3]. В условиях негативных изменений, происходящих в растительном покрове прибрежной зоны, возрастает природоохранный интерес к морским охраняемым акваториям (МОА), которые поддерживают биоразнообразие окружающей среды и участвуют в сохранении сырьевых ресурсов гидробионтов. В связи с этим, изучение продукционных характеристик растительной компоненты МОА приобретает особую актуальность.

В настоящее время в границах города федерального значения Севастополя расположено шесть особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в состав которых входит морская акватория (2 природных заказника и 4 памятника

природы). Своеобразие памятников природы, являющихся резерватами донной растительности и участвующих в её сохранении, состоит в том, что площадь морской акватории составляет около 80–90 % от общей площади [4]. За последние годы накоплены материалы по флористическому составу и таксономической структуре макрофитобентоса памятников природы гидрологического профиля г. Севастополя [5–8], показаны особенности его пространственного распределения с учётом ландшафтной структуры [9–12], дана оценка ресурсов макрофитов в прибрежных аквальных комплексах (ПАК), расположенных на северном и западном побережье [13, 14]. Сведения о запасах макроводорослей для памятников природы, зарегистрированных на южном побережье, отсутствуют.

Цель работы – оценить ресурсы макрофитов и доминирующих видов водорослей, показать распределение их запасов в пределах памятника природы «ПАК у мыса Сарыч».

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Памятник природы «ПАК у мыса Сарыч» расположен в южной части г. Севастополя, протяжённость береговой линии достигает 1900,0 м, ширина акватории – 300 м. Его общая площадь составляет 62,28 га, из которых площадь территории – 3,51 га, акватории – 58,77 га. На большей части побережья выражен глыбовый бенч, который чередуется с участками галечникового бенча [15]. Узкий бенч круто опускается на значительную глубину. Берег у мыса Сарыч приглубый.

Гидрботанические исследования памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» проводили в летний период 2020 г. Работы в акватории выполняли с применением лёгководолазного снаряжения. Для изучения состава макрофитобентоса и оценки запасов донной растительности в границах памятника природы было заложено три трансекты, расположенных перпендикулярно к берегу (рис. 1). Координаты трансект определяли при помощи портативного GPS-приемника (*Oregon 650*) (табл. 1) Отбор проб проводили по общепринятой методике [16]. На глубинах 0,5; 1; 3; 5; 10 и 15 м располагали по четыре учётные площадки размером 25×25 см, при этом дайвер визуально определял проективное покрытие дна макрофитами (ПП).

**Таблица 1**  
**Координаты и диапазон глубин на трансектах памятника природы «ПАК у мыса Сарыч»**

№ разреза	Координаты		Диапазон глубин, м
	Северная широта	Восточная долгота	
I	44 <sup>0</sup> 23.566'	033 <sup>0</sup> 43.624'	0,5-15
II	44 <sup>0</sup> 23.477'	033 <sup>0</sup> 43.836'	0,5–15
III	44 <sup>0</sup> 23.244'	033 <sup>0</sup> 43.266'	0,5–15



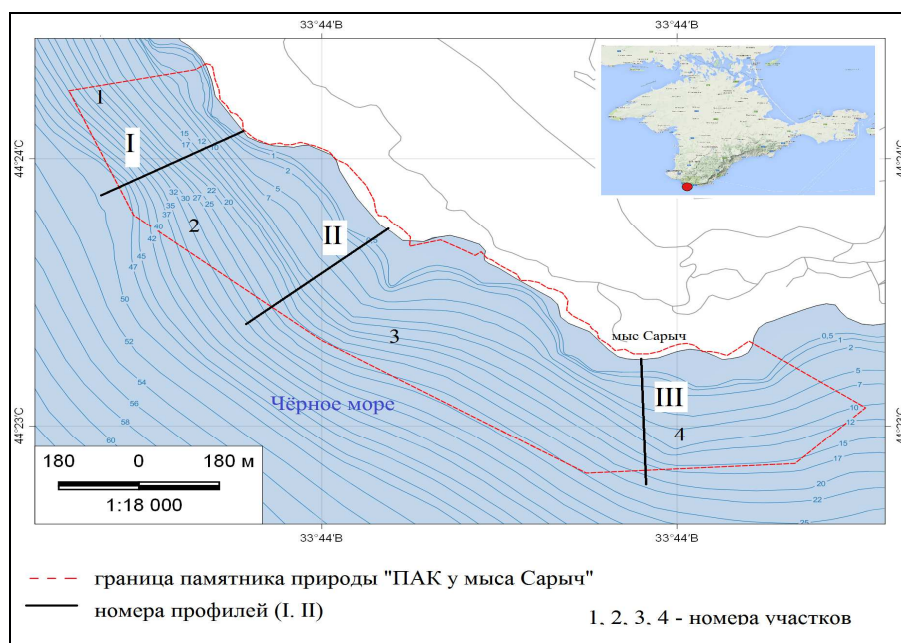


Рис. 1. Карта-схема расположения ландшафтных профилей памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» (2020 г.)

Идентификацию водорослей проводили по определителю [17] с учётом последних номенклатурных изменений [18]. В лабораторных условиях при обработке материала учитывали общую биомассу (сырую) макрофитов, биомассу литофитов и эпифитов, биомассу «цистозир» (*Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry = *Cystoseira crinita* и *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze = *Cystoseira barbata*) и филлофоры (*Phyllophora crispa* (Hudson) P. S. Dixon), которые являются видами-доминантами Чёрного моря. Ресурсы макроводорослей (кг, сырая масса) рассчитаны по методике, модифицированной для морских исследований  $Q = V \times \text{ПП} \times S / 100$ , где Q – запасы (кг), V – средняя биомасса водорослей ( $\text{кг} \times \text{м}^{-2}$ ) в зарослях, ПП – проективное покрытие дна макрофитами (%), S – площадь, занятая зарослями макрофитов ( $\text{м}^2$ ) [19]. Угол уклона дна не превышал 0.06, поэтому при расчете запасов макрофитов он не учитывался. Определение площади акватории осуществляли с помощью программы QGIS. Для того, чтобы получить сравнимые данные, общие запасы макрофитобентоса и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей были пересчитаны на единицу площади ( $\text{га}$ ). Для этого был введён показатель запас фитомассы. Запас фитомассы определяется как отношение запасов макрофитов («цистозир» и филлофоры) (Q) к площади участка, занятого донной растительностью (S). Таким образом, определяли запас фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa*, который измеряется в  $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$  [13].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе проведённой работы оценены ресурсы донной растительности и показано распределение макрофитов и, входящих в их состав, доминирующих видов водорослей по глубинам и участкам в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч». Показательно, что акватория памятника природы на всех исследованных глубинах и участках характеризуется густыми зарослями водорослей, где преобладают *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa*. Значения ПП в интервале глубин 0,5–3 м достигают 100 %. В составе растительного покрова на глубине 3–15 м, помимо видов «цистозир», обильно отмечена *Phyllophora crispa*, при этом значения ПП остаются высокими и варьируют в пределах 90–100 %.

Рассмотрим более подробно распределение запасов макрофитов и господствующих видов водорослей по участкам.

**Участок 1.** Площадь участка не превышает 1,2 га. Общие запасы макрофитов составляют 56,3 т, их величина варьирует по глубинам от 4,3 до 21,0 т. Наибольший запас фитомассы макрофитов зарегистрирован на глубине 3–5 м, а минимальный – на глубине 10–15 м (табл. 2). Показательно, что запас их фитомассы возрастает почти вдвое при увеличении глубины от 0,5 до 5 м, при дальнейшем повышении глубины от 5 до 15 м этот показатель снижается в 4 раза (табл. 2).

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* определены в 36,1 т, их величина колеблется по глубинам от 2,8 до 14,4 т, с максимумом на глубине 3–5 м, минимумом – на глубине 0,5–1 м (табл. 2). Доля «цистозир» в запасах макрофитов при увеличении глубины от 0,5 до 3 м возрастает от 65 до 79 %, при дальнейшем повышении глубины снижается почти вдвое, а в диапазоне глубин 10–15 м не превышает 43 %. Наибольший запас фитомассы этих видов зарегистрирован на глубине 1–3 м, а наименьший – на глубине 10–15 м, где этот показатель ниже в 7 раз (табл. 2).

Запасы *Phyllophora crispa* невелики – 6,9 т, они сосредоточены, преимущественно, на глубине 5–15 м. Вклад филофоры в запасах макрофитов резко возрастает от 7 до 40 % при увеличении глубины от 3 до 15 м, а запас её фитомассы в этом интервале глубин повышается в полтора раза (табл. 2).

**Участок 2.** Площадь участка – около 10 га. Общие запасы макрофитов составляют 541,4 т. Их максимальная величина отмечена на глубине 0,5–1 м, а минимальная – на глубине от 10 до 15 м, где она ниже более чем в 5 раз (табл. 2). Запас фитомассы макрофитов наиболее высок в интервале глубин 1–5 м, этот показатель слабо варьирует (74,8–78,2 т·га<sup>-1</sup>), тогда как на глубине от 5 до 15 м снижается почти втрое (табл. 2).

Запасы видов «цистозир» достигают 334,2 т, их величина колеблется по глубинам от 8,9 до 103,0 т. Наибольшая и наименьшая величины этого показателя отмечены на глубине 0,5–1 и 10–15 м соответственно (табл. 2). Доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в запасах макрофитов по глубинам варьирует от 30 до 75 %, где максимум зарегистрирован на глубине 1–3 м, а минимум – на глубине 10–15 м. Запас фитомассы «цистозир» при увеличении глубины от 1 до 10 м снижается вдвое, тогда как на глубине 10–15 м – не превышает 5,2 т·га<sup>-1</sup> (табл. 2).

Таблица 2

Изменение запасов, запаса фитомассы макрофитов, доминирующих видов водорослей и их доли в общих запасах макрофитобентоса по глубинам и участкам в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» в летний период (2020 г.)

Глубина, м	Площадь, га	Запасы макрофитов, т	Запас фитомассы макрофитов, т·га <sup>-1</sup>	<i>Ericaria crinita</i> и <i>Gongolaria barbata</i>			<i>Phyllophora crispa</i>		
				запасы, т	доля в запасах, %	запас фитомассы, т·га <sup>-1</sup>	запасы, т	доля в запасах, %	запас фитомассы, т·га <sup>-1</sup>
Участок 1									
0,5–1	0,09	4,3	47,8	2,8	65	31,1	0	0	0
1–3	0,09	6,7	74,4	5,3	79	58,9	0	0	0
3–5	0,27	21,0	77,8	14,4	69	53,3	1,4	7	5,2
5–10	0,33	16,7	50,6	10,3	62	31,2	2,5	15	7,6
10–15	0,40	7,6	19,0	3,3	43	8,3	3,0	40	7,5
Участок 2									
0,5–1	2,62	158,4	60,5	103,0	65	39,3	0	0	0
1–3	0,81	60,6	74,8	45,6	75	56,3	0,9	1	1,1
3–5	1,99	155,7	78,2	100,1	64	50,3	12,4	8	6,2
5–10	2,68	136,7	51,0	76,6	56	28,6	21,8	16	8,1
10–15	1,70	30,0	17,6	8,9	30	5,2	16,4	55	9,6
Участок 3									
0,5–1	4,19	274,5	65,5	185,3	67	44,2	0,1	0	0
1–3	1,13	80,2	71,0	54,7	68	48,4	2,1	3	1,9
3–5	2,82	245,6	87,1	154,7	63	54,9	29,6	12	10,5
5–10	4,17	241,4	57,9	135,6	56	32,5	51,0	21	12,2
10–15	4,09	75,8	18,5	16,8	22	4,1	48,9	64	12,0
Участок 4									
0,5–1	2,77	156,6	56,5	111,3	71	40,2	0	0	0
1–3	0,77	51,4	66,7	33,7	66	43,8	1,2	2	1,6
3–5	2,14	202,1	94,4	132,5	66	61,9	29,4	14	13,7
5–10	3,76	241,6	64,2	146,8	61	39,0	59,2	25	15,7
10–15	3,23	66,9	20,7	19,2	29	5,9	39,2	59	12,1

Запасы *Phyllophora crispa* оценены в 51,5 т. Заросли этого вида приурочены, в основном, к глубине 3–15 м (табл. 2). Доля филлофоры в запасах макрофитов при увеличении глубины в интервале от 1 до 15 м возрастает от 1 до 55 %, а запас её фитомассы – от 1,1 до 9,6 т·га<sup>-1</sup>.

**Участок 3.** Площадь участка составляет свыше 16 га. Общие запасы макрофитов достигают 917,5 т. Их величина колеблется по глубинам от 75,8 до

274,5 т, максимум и минимум зарегистрированы на глубине 0,5–1 и 10–15 м соответственно (табл. 2). Показательно, что запасы макрофитов на глубине 3–5 и 5–10 м оказались соизмеримыми (табл. 2). Запас фитомассы макрофитов в диапазоне глубин 0,5–5 м повышается, а в интервале 5–15 м снижается втрое и не превышает  $18,5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  (табл. 2).

Запасы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* определены в 547,1 т, их величина варьирует по глубинам от 16,8 до 185,3 т. Наибольшая и наименьшая величины этого показателя приходятся на те же глубины, что и общих запасов макрофитов (табл. 2). Доля «цистозеры» в запасах макрофитов при увеличении глубины снижается в 3 раза (табл. 2). Максимальный запас фитомассы этих видов отмечен на глубине 3–5 м, а минимальный – на глубине 10–15 м (табл. 2).

Запасы *Phyllophora crispa* достигают 131,7 т, наиболее значительные скопления этого вида обнаружены на глубине 5–15 м (табл. 2). Доля филлофоры в запасах макрофитов при увеличении глубины в диапазоне 3–15 м возрастает в 5 раз (табл. 2). Запас фитомассы этого вида при повышении глубины от 1 до 15 м увеличивается более чем в 6 раз (табл. 2).

**Участок 4.** Площадь участка – около 13 га. Общие запасы макрофитов оценены в 718,6 т. Их величина колеблется по глубинам от 51,4 до 241,6 т. Показательно, что наибольшие запасы макрофитов сосредоточены на глубине 5–10 м, а наименьшие – на глубине 1–3 м (табл. 2). Максимальный запас их фитомассы зарегистрирован на глубине 3–5 м, минимальный – на глубине 10–15 м (табл. 2).

Запасы «цистозеры» составляют 443,5 т, их величина варьирует по глубинам от 19,2 до 146,8 т. Наибольшее и наименьшее значение этих показателей отмечены на глубине 5–10 и 10–15 м соответственно, где в этом диапазоне глубин их запасы резко снижаются (почти в 8 раз) (табл. 2). Доля *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в запасах макрофитов с увеличением глубины снижаются более чем в 2 раза. Характерно, что на глубине 1–3 и 3–5 м их вклад в запасах макрофитов одинаков (табл. 2). Запас фитомассы «цистозеры» колеблется от  $5,9$  до  $61,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , при этом максимум зарегистрирован на глубине 3–5 м, а минимум – на глубине 10–15 м. Показательно, что в диапазоне глубин 0,5–3 м эти величины оказались практически соизмеримыми ( $40,2$  и  $43,8 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$  соответственно).

Запасы *Phyllophora crispa* оценены в 129,0 т. Скопления этого вида приурочены, в основном, к глубине 5–15 м (табл. 2). Доля филлофоры в запасах макрофитов при увеличении глубины в диапазоне 1–15 м возрастает почти в 30 раз (табл. 2). Запас её фитомассы в этом интервале глубин варьирует от  $1,6$  до  $15,7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ , где наибольшая величина была зафиксирована на глубине 5–10 м, а наименьшая – на глубине 1–3 м.

Анализ полученного материала показал, что в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» ресурсная составляющая макрофитобентоса и доминирующих в его составе видов водорослей отличаются по участкам. Известно, что по мере возрастания эвтрофирования морской среды первоначально наблюдается тенденция увеличения количества видов макрофитов, за счёт сопутствующих и эпифитирующих водорослей, предпочитающих воды с умеренной степенью загрязнения [20]. Так, в статье И. К. Евстигнеевой и И. Н. Танковской (2022),

проводивших работу в это же время в этом районе, показано, что общее число видов макрофитов, было больше на участках акватории, испытывающих локальный антропогенный пресс. Авторы отмечают, что постоянный подток сточных вод способствовал массовому развитию зелёных водорослей, являющихся индикаторами органического загрязнения водной среды [6]. Поэтому, вполне объяснимо, что запас фитомассы макрофитов на глубине 0,5–1 м на участках 2 и 3, где непосредственно у уреза воды осуществляется выпуск хозяйственно–бытовых стоков коттеджного посёлка, выше (60,5–65,5 т·га<sup>-1</sup>), чем на участках 1 и 4 (47,8–56,5 т·га<sup>-1</sup>), на которых источники эвтрофирования отсутствуют. В то же время, открытые берега в районе мыса Сарыч способствуют активному перемешиванию водных масс, поэтому изучаемое побережье характеризуется сравнительно высокой прозрачностью воды и её незначительной трофностью. В этом регионе в течение всего года преобладает антициклоническая завихрённость прибрежных течений. Летом наблюдаются резкие кратковременные понижения температуры воды у берега, вызываемые подъёмами глубинной воды, которая при сгонных ветрах также способствует обновлению водной толщи [21].

Характерно, что распределение донной растительности также зависит от состава и структуры донных осадков, дифференциация которых обусловлена особенностями геолого-геоморфологического строения береговой зоны [9–12]. Показательно, что вдоль прибрежной зоны «ПАК у мыса Сарыч» наблюдается резкий свал (до глубины 3 м), который представлен глыбовыми навалами с мозаично чередующимся галечниковым бенчем, глубже 3 м подводный склон выполаживается. Этим объясняется, что на всех изученных участках наиболее высокие значения запаса фитомассы макрофитов зарегистрированы на глубине 3–5 м (табл. 3). Наибольшие значения запаса фитомассы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* (43,8–61,9 т·га<sup>-1</sup>) на всех участках зафиксированы на глубине 1–5 м, поскольку данный диапазон глубин является оптимальным для произрастания этих видов (табл. 3).

В акватории памятника природы, начиная с глубины 3 м, на всех участках между отдельными глыбами, где господствуют *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*, встречаются прогалины, заполненные песчано-галечно-гравийными отложениями, где обнаружена *Phyllophora crispa*. Показательно, что при увеличении глубины от 5 до 15 м, в ресурсной составляющей макрофитов отмечено уменьшение запаса фитомассы видов «цистозир», тогда как величина этого показателя для филлофоры возрастает (табл. 3). Наибольшие скопления *Phyllophora crispa* зафиксированы на участке 4 на глубине 5–10 м (табл. 3).

Общеизвестно, что состав альгофлоры и распределение донной растительности зависит от уровня освещённости, который снижается вдоль градиента глубины [20]. Сравнительный анализ распространения растительного покрова по глубинам в прибрежной зоне «ПАК у мыса Сарыч» показал, что запас фитомассы макрофитов наиболее высок в верхней и средней сублиторальной зоне (0,5–5 м) и варьирует от 61,4 до 86,4 т·га<sup>-1</sup>. В нижней сублиторальной зоне (5–15 м) эти показатели снижаются и колеблются от 58,2 до 19,2 т·га<sup>-1</sup>. Запас фитомассы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в верхней и средней сублиторальной зоне варьирует от 41,6 до

55,6 т·га<sup>-1</sup>, а в нижней – уменьшается от 33,8 до 5,1 т·га<sup>-1</sup>. Доля «цистозирь» в запасах макрофитов на глубине 0,5–10 м изменяется от 58 до 70 %, а на глубине 10–15 м – не превышает 27 %. Запас фитомассы *Phyllophora crispa* на глубине 3–15 м колеблется от 10,1 до 12,3 т·га<sup>-1</sup>. Доля филлофоры в диапазоне глубин 1–15 м варьирует от 2 до 60 % общих запасов макрофитов (табл. 3).

**Таблица 3**  
**Изменение запасов, запаса фитомассы макрофитов, доминирующих видов водорослей и их доли в общих запасах макрофитобентоса по глубинам в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» в летний период (2020 г.)**

Глубина, м	Площадь, га	Запасы макрофитов, т	Запас фитомассы макрофитов, т·га <sup>-1</sup>	<i>Ericaria crinita</i> и <i>Gongolaria barbata</i>			<i>Phyllophora crispa</i>		
				запасы, т	доля в запасах, %	запас фитомассы, т·га <sup>-1</sup>	запасы, т	доля в запасах, %	запас фитомассы, т·га <sup>-1</sup>
0,5–1	9,67	593,8	61,4	402,4	68	41,6	0,1	0	0
1–3	2,79	198,9	71,2	139,3	70	49,8	4,1	2	1,5
3–5	7,23	624,4	86,4	401,7	64	55,5	72,8	12	10,1
5–10	10,94	636,4	58,2	369,3	58	33,8	134,6	21	12,3
10–15	9,42	180,3	19,1	48,2	27	5,1	107,5	60	11,4

Согласно расчётным данным, в прибрежной зоне «ПАК у мыса Сарыч», площадью около 40 га, общие запасы макрофитов составляют 2233,8 т, из которых почти 1360,9 т приходится на *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и 319,1 т – на *Phyllophora crispa*, что составляет 61 и 14 % соответственно. Характерно, что протяжённость береговой линии севастопольского взморья достигает примерно 85 км, при этом макрофитобентос сосредоточен на площади свыше 5500 га, его общие запасы оцениваются в 84,2 тыс. т., из которых 50,2 тыс. т составляют виды на *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и 4,8 тыс. т – *Phyllophora crispa* [22]. Сравнительный анализ показал, что на обследованной площади акватории «ПАК у мыса Сарыч», на которую приходится менее 1 % общей площади региона Севастополя, сосредоточены значительные запасы макрофитов (около 3 %) видов «цистозирь» (около 3 %) и филлофоры (около 7 %). Таким образом, акватория памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» характеризуется высокими продукционными показателями макрофитобентоса, в составе которого наиболее весомый вклад вносят *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata*. Природоохранная ценность гидрологического памятника природы подтверждается в статье И. К. Евстигнеевой и И. Н. Танковской (2022), которые зафиксировали в этом районе 77 видов, из которых 17 видов являются краснокнижными, что составляет 22 % от их общего числа [6].

Высокое видовое разнообразие фитобентоса, наличие видов водорослей с охранным статусом, значительная величина ресурсной составляющей

макрофитобентоса и доминирующих в его составе видов макрофитов свидетельствуют о сохранности растительной компоненты в акватории этого памятника природы. Полученные сведения позволяют проводить мониторинговые исследования, которые можно использовать для оптимизации природоохранного режима, при регулировании рекреационной нагрузки и для формирования экологической сети г. Севастополя и Республики Крым.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённых исследований в акватории памятника природы «ПАК у мыса Сарыч» дана оценка ресурсов донной растительности, показано распространение макрофитов и доминирующих в их составе видов водорослей по глубинам и участкам. Выявлено, что вдоль всего побережья изучаемого памятника природы на распределение запаса фитомассы макрофитов, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* и *Phyllophora crispa* оказывают влияние глубина, степень антропогенной нагрузки и литологический состав донных отложений.

Установлено, что на глубине 0,5–1 м запас фитомассы макрофитов (60,5–65,5 т·га<sup>-1</sup>) на участках 2 и 3 выше, чем эти показатели (47,8–56,5 т·га<sup>-1</sup>) на участках 1 и 4, что связано с эвтрофированием водной среды.

Ресурсная составляющая *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* на всех участках наиболее высока на глубине 1–5 м, при этом максимальная величина фитомассы этих видов отмечена на участке 4 на глубине 3–5 м, а минимальная – на этом же участке на глубине 1–3 м. Наибольшие скопления *Phyllophora crispa* зафиксированы также на участке 4 на глубине 5–10 м (15,7 т·га<sup>-1</sup>), а наименьшие – на участке 1 на глубине 10–15 м (7,5 т·га<sup>-1</sup>).

Сравнительный анализ распределения донной растительности в прибрежной зоне памятника природы показал, что запас фитомассы макрофитов наиболее высок в верхней и средней сублиторальной зоне (0,5–5 м) и варьирует от 61,4 до 86,4 т·га<sup>-1</sup>. В нижней сублиторальной зоне (5–15 м) показатель этой величины снижается и колеблется от 58,2 до 19,1 т·га<sup>-1</sup>.

Запас фитомассы *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* в верхней и средней сублиторальной зоне изменяется в интервале от 41,6 до 55,5 т·га<sup>-1</sup>, а в нижней – уменьшается и варьирует от 33,8 до 5,1 т·га<sup>-1</sup>. Доля «цистозир» в запасах макрофитов при увеличении глубины от 0,5 до 10 м снижается от 70 до 64 %.

Запас фитомассы *Phyllophora crispa* на глубине 1–15 м изменяется от 1,5 до 12,3 т·га<sup>-1</sup>, при этом минимальное значение этого показателя отмечено на глубине 1–3 м, а максимальное – на глубине 5–10 м. Доля филлофоры в этом диапазоне глубин возрастает от 2 до 60 % общих запасов макрофитов.

По расчётным данным в прибрежной зоне «ПАК у мыса Сарыч», площадью около 40 га, общие запасы макрофитов оцениваются в 2233,8 т, из которых 1360,9 т приходится на *Ericaria crinita* и *Gongolaria barbata* и 319,1 т – на *Phyllophora crispa*, что составляет 61 и 14 % соответственно. В среднем, на 1 га исследуемого побережья сосредоточено 55,8 т макрофитов, в том числе, 34,0 т «цистозир» и 8,0 т филлофоры.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам отдела биотехнологий и фиторесурсов канд. биол. наук, с.н.с. И. К. Евстигнеевой, м.н.с. И. Н. Танковской за совместную работу по сбору и обработке первичного материала, а также м.н.с. И. Ю. Тамойкину за отбор глубоководных альгологических проб.

*Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (гос. рег. № 121030300149-0).*

## Список литературы

1. Мильчакова Н. А. Состояние ключевых фитоценозов морских охраняемых акваторий и проблемы их сохранения (юго-западный Крым, Чёрное море) / Н. А. Мильчакова, В. В. Александров, В. Г. Рябогина // Сборник ГНБС. – 2019. – Т. 149. – С. 113–123.
2. Pankeeva T. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos of Laspi Bay (Crimea, Black Sea) / T. V. Pankeeva, N. V. Mironova // *Oceanology*. – 2019. – Vol. 59, iss. 1. – P. 86–98. doi.org/10.1134/S0001437019010168.
3. Mironova N. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos in the Coastal Zone of Karanskii Nature and Landscape Reserve (Sevastopol, Black Sea) / N. V. Mironova, T. V. Pankeeva // *Biology Bulletin*. – 2021. – Vol. 48, N 10. – P. 1941–1949. doi.org/10.1134/S1062359021100320
4. Особо охраняемые природные территории Севастополя / Под редакцией д. б. н. проф. Е. И. Голубевой, д. г. н. проф. Е. А. Позаченюк. – Симферополь, ИТ АРИАЛ, 2020. – 140 с.
5. Евстигнеева И. К. Гидробиотические исследования охраняемой акватории западного Крыма (Чёрное море) / И. К. Евстигнеева, И. Н. Танковская // *Фиторазнообразие Восточной Европы*. – 2021. – Т. 15, № 4. – С. 16–33. doi.org/10.24412/2072-8816-2021-15-4-16-33
6. Евстигнеева И. К. Флористический состав и таксономическая структура макрофитобентоса гидрологического памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» (Чёрное море) в современных условиях / И. К. Евстигнеева, И. Н. Танковская // *Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия*. – 2022. – Т. 8 (74), № 3. – С. 32–56.
7. Евстигнеева И. К. Таксономический анализ макрофитобентоса акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Фиолент» (Чёрное море) / И. К. Евстигнеева, И. Н. Танковская // *Вестник Пермского ун-та. Серия Биология*. – 2023. – Вып. 2. – С. 179–194.
8. Евстигнеева И. К. Макрофитобентос памятника природы регионального значения «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» / И. К. Евстигнеева, И. Н. Танковская, В. П. Евстигнеев // *Экосистемы*. – 2022. – Вып. 30. – С. 22–37.
9. Панкеева Т. В. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Лукулл» / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова, А. В. Пархоменко // *Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского - природного заповедника РАН*. – 2021 – Вып. 2 (18) – С. 36–48.
10. Панкеева Т. В. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Фиолент» / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова, А. В. Пархоменко // *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН*. – 2022. – Т. 7 (23), № 3. – С. 45–60. <https://doi.org/10.21072/eco.2022.23.05>
11. Панкеева Т. В. Ландшафтная структура береговой зоны памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у мыса Сарыч» / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова // *Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН*. – 2022 а. – Т. 7 (21), № 1.– С. 51–60. doi.org/10.21072/eco.2022.21.06



12. Панкеева Т. В. Ландшафтные исследования памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» (Севастополь) / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2022 б. – Т. 8 (18), № 1. – С. 161–175.
13. Миронова Н. В. Распределение запасов макрофитов в акватории памятника природы «Прибрежный аквальный комплекс у Херсонеса Таврического» / Н. В. Миронова, Т. В. Панкеева // Экосистемы. – 2023 а. – № 33. – С. 88–96.
14. Миронова Н. В. Запасы макрофитов в акватории памятника природы «ПАК у мыса Лукулл» / Н. В. Миронова, Т. В. Панкеева // Биоразнообразие и устойчивое развитие (ранее Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН.) – 2023 б. (в печати)
15. Горячкин Ю. Н., Долотов В. В. Морские берега Крыма / Ю. Н. Горячкин, В. В. Долотов / – Севастополь: ООО «КОЛОРИТ», 2019. – 256 с.
16. Калугина А. А. Исследование донной растительности Черного моря с применением легкоподлазной техники / А. А. Калугина // Морские подводные исследования. – М.: Наука. – 1969. – С. 105–113.
17. Зинова А. Д. Определитель зелёных, бурых и красных водорослей южных морей СССР / А. Д. Зинова – М.-Л.: Наука, 1967. – 397 с.
18. Guiry M. D. AlgaeBase. World-wide electronic publication / M. D. Guiry, G. M. Guiry. – Galway: Nat. Univ. Ireland. – 2023. URL: [www.algaebase.org](http://www.algaebase.org) (date accessed: 21.08.2023).
19. Блинова Е. И. Методические рекомендации по учету запасов промысловых морских водорослей прибрежной зоны / Е. И. Блинова, О. А. Пронина, В. А. Штрик // Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. – М.: Изд-во ВНИРО, 2005. – Вып. 3. – С. 80–127.
20. Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Чёрного моря / А. А. Калугина-Гутник – Киев: Наукова думка, 1975. – 248 с.
21. Агаркова-Лях И. В. Природные комплексы береговой зоны Южного берега Крыма / И. В. Агаркова-Лях // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2015. – Т. 1 (67), № 3. – С. 42–58.
22. Панкеева Т. В. Запасы макрофитов как показатель экологического состояния береговой зоны региона Севастополя / Т. В. Панкеева, Н. В. Миронова // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: в 3-х т.: сб. материалов Всерос. науч.-практич. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологич. станции (Севастополь, 19–24 сент. 2016 г.) / Под редакцией А.В. Гаевской. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т. 3. – С. 306–309.

## STOCKS OF MACROPHYTE IN THE NATURAL MONUMENT «COSTAL AQUATIC COMPLEX AT CAPE SARYCH»

*Mironova N. V., Pankeeva T. V.*

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation  
E-mail: dr.nataliya.mironova@yandex.ru*

Macrophytobenthos is one of the main environment-forming elements of coastal biota. The essential functional role of macrophytes is described by indicators of their production. Under conditions of anthropogenic transformation of the aquatic environment, the resource component of bottom vegetation decreases. There is now increasing conservation interest in Marine Protected Areas (MPA) that support environmental

biodiversity and participate in the conservation of raw hydrobiont resources. In this connection, the study of the productive characteristics of the plant component of the MPA is of particular relevance. The aim of the work is to assess the resources of macrophytes and dominant species of algae, to show the distribution of their stocks within the natural monument «Costal aquatic complex (CAP) at cape Sarych».

Hydrobotanical studies of the "CAP at cape Sarych" water area were conducted in the summer period of 2020. Three transects were laid out within the boundaries of the natural monument to study the composition of macrophytobenthos and assess the stocks of bottom vegetation. Sampling was carried out according to the generally accepted methodology. At depths of 0.5; 1; 3; 3; 5; 10 and 15 m, four 25×25 cm survey plots were placed each. The total biomass (raw) of macrophytes, the biomass of "cystoseira" (*Ericaria crinita* (Duby) Molinari & Guiry = *Cystoseira crinita* and *Gongolaria barbata* (Stackhouse) Kuntze = *Cystoseira barbata*) and phyllophora (*Phyllophora crispa* (Hudson) P.S. Dixon), which are the dominant species of the Black Sea, were taken into account when processing the material. Macroalgae resources (kg, crude weight) were calculated using a methodology modified for marine studies. The diver visually determined the projective coverage of the bottom by macrophytes while performing the work.

On the basis of the conducted work it was revealed that along the whole coast of the natural monument the distribution of phytomass of macrophytes, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata* and *Phyllophora crispa* is influenced by the depth, the degree of anthropogenic load, composition and structure of bottom sediments, the differentiation of which is conditioned by the peculiarities of geological and geomorphological structure of the coastal zone. Analysis of vegetation cover distribution by depth in the coastal zone "CAP at cape Sarych" showed that the phytomass stock of macrophytes, *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* is highest in the upper and middle sublittoral zone (0.5–5 m) and varies from 61.4 to 86.4 and from 41.6 to 55.6 t ha<sup>-1</sup>, respectively. In the lower sublittoral zone (5–15 m), these values decrease from 58.2 to 19.2 and 33.8 to 5.1 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The share of "cystosira" in the reserves of macrophytes at the depth of 0.5–10 m varies from 58 to 70 %, and at the depth of 10–15 m it does not exceed 27 %. The phytomass stock of *Phyllophora crispa* at a depth of 3–15 m varies from 10.1 to 12.3 t ha<sup>-1</sup>. The share of phyllophora in the depth range of 1–15 m varies from 2 to 60 % of the total macrophyte reserves. It was revealed that the stock of phytomass of macrophytes at a depth of 0.5–1 m at the sites where the domestic sewage of the cottage settlement is discharged directly at the water edge is higher (60.5–65.5 t ha<sup>-1</sup>) due to the mass appearance of epiphytes than at the sites (47.8–56.5 t ha<sup>-1</sup>) where there are no sources of eutrophication. As the depth increases above 1 m, the influence of anthropogenic pressure decreases, as the open shores in the area of Cape Sarych promote active mixing of water masses. It is indicative that at all sites the highest values of phytomass of macrophytes, *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* were recorded at 3–5 m depth, where the underwater slope becomes more gentle, after a sharp depth drop.

According to the calculated data, the total reserves of macrophytes were defined as 2233,8 tons, of which *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* made almost 1360,9 tons and *Phyllophora crispa* accounted for 319,1 tons (61 and 14 %, respectively).

It was established that the water area of the natural monument "CAP at Cape Sarych" is characterized by high productive indicators of macrophytobenthos, in which *Ericaria crinita* and *Gongolaria barbata* make the most significant contribution. Preservation of the vegetation component of the riparian zone confirms the nature conservation value of the hydrological natural monument. The obtained data allow us to conduct monitoring studies that can be used to optimize the environmental regime, in the regulation of recreational load and to form an ecological network of Sevastopol and Republic of Crimea.

**Keywords:** macrophytobenthos, specially protected natural areas, resources, *Ericaria crinita*, *Gongolaria barbata*, *Phyllophora crispa*, Black Sea.

### References

1. Milchakova N. A., Alexandrov V. V., Ryabogina V. G. State of key phytocenoses of marine protected areas and problems their conservation (southwestern Crimea, Black Sea), *Works of the State Nikit. Botan. Gard*, **149**, 113 (2019).
2. Pankeeva T. V., Mironova N. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos of Laspi Bay (Crimea, Black Sea), *Oceanology*, **59**, **1**, 86 (2019).
3. Mironova N. V., Pankeeva T. V. Spatiotemporal Changes in the Macrophytobenthos in the Coastal Zone of Karanskii Nature and Landscape Reserve (Sevastopol, Black Sea), *Biology Bulletin*, **48**, **10**, 1941 (2021).
4. *Specially Protected Natural Areas of Sevastopol*. Pod. red. Ph. D. E. I. Golubeva, Ph. D E. A. Pozacheniuk (Simferopol, IT ARIAL, 2020), 140 p.
5. Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N. Hydro-botanical studies of the protected water area of the western Crimea (Black Sea), *Phytodiversity of Eastern Europe*, **15**, **4**, 16 (2021).
6. Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N. Floristic composition and taxonomic structure of macrophytobenthos of the hydrological nature monument "Coastal aquatic complex near Cape Sarych" (Black Sea) under current conditions, *Scientific Notes of Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **8** (74), **3**, 32 (2022).
7. Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N. Taxonomic analysis of macrophytobenthos in the area of the Natural Monument "Coastal aquatic complex near Cape Fiolent" (Black Sea), *Bulletin of Perm University. Biology*, **2**, 179 (2023).
8. Evstigneeva I. K., Tankovskaya I. N., Evstigneev V. P. Macrophytobenthos of the regional Natural Monument "Coastal aquatic complex near Tauric Chersoneses", *Ekosistemy*, **30**, 22 (2022).
9. Pankeeva T. V., Mironova N. V., Parkhomenko A. V. Landscape researches Natural Monument "Coastal Marine Protected Areas at Cape Lucull", *Proceedings of the Karadag Research Station named after T. I. Vyazemsky. – Nature Reserve of the RAS*, **2** (18), 36 (2021).
10. Pankeeva T. V., Mironova N. V., Parkhomenko A. V. Landscape researches Natural Monument "Coastal Marine Protected Areas at Cape Fiolent", *Proceedings of the Karadag Research Station named after T. I. Vyazemsky. – Nature Reserve of the RAS*, **7** (23), **3**, 45 (2022).
11. Pankeeva T. V., Mironova N. V. Landscape structure of the coastal zone of the Nature Monument "Coastal aquatic complex at Cape Sarych", *Proceedings of the Karadag Research Station named after T. I. Vyazemsky. – Nature Reserve of the RAS*, **7** (21), **1**, 51 (2022 a).
12. Pankeeva T. V., Mironova N. V. Landscape researches Natural Monument "Coastal aquatic complex near Tauric Chersoneses (Sevastopol)", *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*, **8** (18), **1**, 161 (2022 b).
13. Mironova N. V., Pankeeva T. V. Distribution of macrophyte stocks in the area Natural Monument "Coastal aquatic complex near Tauric Chersoneses", *Ekosistemy*, **33**, 88 (2023 a).
14. Mironova N. V., Pankeeva T. V. Stocks of macrophyte in the area Natural Monument "Coastal aquatic complex at Cape Lucull", *Proceedings of the Karadag Research Station named after T. I. Vyazemsky. – Nature Reserve of the RAS*, (2023 b). (in press)
15. Goryachkin Yu. N., Dolotov V. V. *Sea coasts of Crimea*, (Sevastopol: COLORIT, 2019). 256 p.
16. Kalugina A. A. Study of bottom vegetation of the Black Sea with the use of light-diving equipment, *Marine Underwater Research*. 105 (M.: Nauka, 1969).

17. Zinova A. D. *Identifier of green, brown and red algae of the southern seas of the USSR*, (M. - L.: Nauka, 1967). 397 p.
18. Guiry M. D., Guiry G. M. *AlgaeBase. Worldwide electronic publication Galway: Nat. Univ. Ireland. URL. www.algaebase.org* (accessed 21.08.2023).
19. Blinova E. I., Pronina O. A., Shtrik V. A. The accounting of stocks of commercial sea algae of the coastal zone, *Ecosystem Studies of Fishery Reservoirs, Collection and Data Processing on Aquatic Biological Resources, Equipment and Technology of their Mining and Processing: Methods of Landscape Studies and Evaluation of Bottom Invertebrates and Algae from the Marine Coastal Zone*. – M.: VNIRO, **3**, 80 (2005).
20. Kalugina-Gutnik A. A. *Phytobenthos of the Black Sea*, (Kyiv: Naukova dumka, 1975). 248 p.
21. Agarkova-Lyakh I. V. Nature complexes of the coastal zone of the southern coast of Crimea, *Scientific Notes of Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, 1 (**67**), **3**, 42 (2015).
22. Pankeeva T. V., Mironova N. V. The macrophyte stock as an indicator of the ecological state of the coastal zone of the Sevastopol region, *Marine biological research: achievements and perspectives: in 3 vol.: Proceedings of All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation dedicated to the 145 th anniversary of Sevastopol Biological Station* (Sevastopol, 19–24 September, 2016). Ed. A. V. Gaevskaya. (Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika, 2016), **3**, 306.

**УДК 612.821**

## **ДИНАМИКА РИТМОВ ЭЭГ ПРИ ВОСПРИЯТИИ УЛЫБАЮЩИХСЯ ЛИЦ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ У ЛЮДЕЙ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ РАСШИРЕННОГО АУТИСТИЧЕКОГО ФЕНОТИПА**

*Павленко Д. В., Чуян Е. Н., Александрова С. Е., Григорьев Я. П., Гурнаков Н. В.,  
Мустафаев Э. Р., Павленко В. Б.*

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Российская Федерация  
E-mail: vprav55@gmail.com*

Целью исследования было выяснить, каким образом эмоциональные выражения улыбающегося лица влияют на мю-ритмы ЭЭГ и оценить особенности этих реакций у здоровых испытуемых с высоким и низким показателем расширенного аутистического фенотипа (РАФ). Установлено, что восприятие эмоциональной лицевой экспрессии в виде улыбки вызывало изменения ЭЭГ в более широком частотном диапазоне, чем предъявление нейтральных лиц. Экспозиция улыбки у участников исследования с низким показателем РАФ вызывала десинхронизацию ЭЭГ в основном в диапазоне мю-альфа-ритма (8–13 Гц), а у испытуемых с высокими значениями показателя РАФ – в диапазоне мю-бета-ритма (14–24 Гц). Выявление паттерна ЭЭГ-реакций при восприятии видеозаписей улыбки у молодых людей с выраженными аутистическими чертами может быть полезным в разработке новых методов коррекционной работы с детьми, имеющими диагноз расстройства аутистического спектра.

**Ключевые слова:** лицевая экспрессия, ЭЭГ, мю-ритм, расширенный аутистический фенотип.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Социальное взаимодействие в значительной степени зависит от невербального общения, в том числе от характера мимических реакций. Мы делаем выводы о чувствах, мотивах и намерениях других людей, сопереживаем им, в значительной степени основываясь на наблюдении за их эмоциональной лицевой экспрессией. Т.н. теория моделирования или имитации утверждает, что для распознавания эмоций других на основании выражения лица наблюдатель непроизвольно активирует собственные мозговые сенсомоторные структуры, управляющие мимикой [1]. Этот путь к распознаванию эмоций особенно важен при недостатке контекстуальной информации, а также имеет ключевое значение у детей [2]. Выявление мозговых механизмов распознавания эмоций представляет особый интерес для понимания типичного и атипичного развития социального поведения. В настоящее время предполагают, что в основе моделирования мимики лежит динамика активности сети зеркальных нейронов или зеркальной системы мозга (ЗСМ) – при этом сходные нейронные процессы запускаются как во время наблюдения, так и во время протекания собственных эмоциональных реакций [3].

В качестве индикатора активности ЗСМ человека рассматривают десинхронизацию мю-ритма ЭЭГ, генерируемого в сенсомоторных областях мозга [4–6]. Мю-ритм, регистрируемый над центральными областями неокортекса, включает две частотные составляющие: мю-альфа (8–13 Гц) и мю-бета (15–25 Гц), отражающие вклад первичной соматосенсорной коры и моторной коры, соответственно. В состоянии покоя клетки в этой области мозга срабатывают синхронно, что приводит к более высокой мощности в мю-диапазоне частот. Однако, когда действие выполняется, наблюдается или воображается, возбуждение клеток становится десинхронизированным, что приводит к связанной с событием десинхронизации мю-ритма. Установлена связь между восприятием мимики или ее собственной генераций и мю-десинхронизацией [1, 7–9].

Среди основных выражений эмоций (гнев, страх, отвращение, печаль, счастье и удивление) лицевая экспрессия чувства счастья имеет особое значение. Счастливое выражение лица выполняет важную функцию в социальном взаимодействии, привлекая окружающих, способствуя сотрудничеству и влиянию. Кроме того, в разных культурных контекстах и в лабораторных исследованиях такое выражение неизменно распознается точнее и быстрее, чем другие лицевые экспрессии т.к. сопровождается улыбкой. Улыбка приводит к активации центров мозга, связанных с переживанием позитивных эмоций [10, 11].

Восприятие эмоций других людей, способность понимать их точку зрения нарушены при расстройствах аутистического спектра (РАС). В настоящее время имеются доказательства, что аутичные черты в той или иной степени присутствуют в общей человеческой популяции. Исследования показывают, что родственники аутистов часто проявляют аутистические тенденции, но не проявляют таких же функциональных нарушений, как люди с этим расстройством. Таким образом, эти лица не соответствуют критериям клинического диагноза. Субдиагностические признаки аутизма обозначаются как «broader autism phenotype» (ВАР) – «расширенный аутистический фенотип» (РАФ). Черты РАФ включают трудности в общении и распознавании эмоций, ригидность и отчужденность. Для их оценки у здоровых людей разработан специальный опросник ВАРQ (Broad Autism Phenotype Questionnaire) [12]. Исследования показали, что русифицированный вариант данного опросника имеет существенную валидность и может использоваться специалистами в качестве достоверного, доступного и специфичного метода скрининга родителей на предмет возможного рождения у них ребенка с РАС [13]. Важно при этом отметить, что высокий уровень показателей РАФ часто (от 5 до 9 % случаев) присутствует у индивидов без аутичных родственников [14]. Для таких людей, кроме указанных черт РАФ, характерны также повышенные показатели самооценки стресса в жизненных ситуациях [15].

Как и другие авторы [9], мы считаем, что использование видеоизображений человеческого лица, выражающего положительные эмоции, может быть полезным в коррекционной работе с детьми, имеющими диагноз РАС. В связи с этим, целью нашего исследования было выяснить, каким образом эмоциональные выражения улыбающегося лица модулируют предполагаемый ЭЭГ-индекс активации ЗСМ –

динамику мю-ритма, и будет ли она различаться в зависимости от индивидуального уровня аутичных черт испытуемых (высокий или низкий показатель РАФ).

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании, которое было проведено с информированного согласия испытуемых и соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации, приняли участие 48 практически здоровых студентов КФУ им. В. И. Вернадского в возрасте от 18 до 25 лет (18 юношей и 30 девушек). Все испытуемые были праворукими и имели нормальное или скорректированное до нормального зрение. Для оценки выраженности аутистических черт личности применялся русифицированный вариант опросника VAPQ. При использовании опросника участников просят оценить 36 утверждений по 6-ти балльной шкале, при этом ответы варьируются от «очень редко» до «очень часто». Таким образом определяется уровень следующих черт: «отчужденность» (недостаток интереса или удовольствия от социального взаимодействия), «практическое использование языка» (нарушения в социальных языковых аспектах, приводящее к трудностям в эффективном общении или в поддержании живой беседы), «ригидность» (негативное отношение к каким-либо переменам, трудности адаптации к различным условиям) и рассчитывается интегральный балл признаков РАФ [13].

Регистрация ЭЭГ-активности мозга испытуемых проводилась при предъявлении видеороликов, демонстрирующие динамические изображения нейтральных и счастливых лиц. Результаты предыдущего поискового исследования [16] показали, что такие стимулы более эффективны, чем статические фотоизображения. Предъявлялись видеозаписи нейтральных и улыбающихся мужских и женских лиц из Амстердамского набора динамических экспрессий (Amsterdam Dynamic Facial Expression Set – ADFES [17]). Во время регистрации ЭЭГ испытуемые сидели в кресле. Монитор, на котором экспонировался стимульный материал, располагался на расстоянии 50-80 см от глаз испытуемого. Для фиксации взора в центре экрана на 2 с предъявлялось изображение крестика, а вслед за этим появлялась видеозапись нейтрального лица или улыбки модели с продолжительностью 3 с. В последнем случае в течении 1 с лицо сохраняло нейтральное выражение, затем на лице появлялась улыбка и достигнув максимальной выразительности примерно за 0,5 с сохранялась до конца экспозиции. Сочетание фиксационного крестика и изображений нейтрального лица использовалось два раза, столько же – улыбающегося, причем нейтральные и улыбающиеся лица предъявлялись в случайном порядке. Для поддержания внимания испытуемых, перед предъявлением стимулов давалась инструкция: если на экране будет улыбающееся лицо, то надо определить, какая из моделей улыбается наиболее естественно и указать это по окончании исследования.

Регистрацию ЭЭГ осуществляли с помощью электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр – 5», ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно в 19 отведениях по системе 10–20. Областью интересов в данном исследовании являлись центральные регионы неокортекса (локусы C3, Cz, C4), в которых по данным литературы в наибольшей степени представлен мю-ритм ЭЭГ [5, 6]. Референтным электродом служили

объединенные контакты, закрепленные на мочках ушей. Частоты среза фильтров высоких и низких частот составляли, соответственно, 1,5 и 35 Гц, частота оцифровки ЭЭГ-сигналов – 500 Гц.

На протяжении всего исследования велась видео- и аудиозапись, синхронизированная с регистрацией ЭЭГ. Артефакты в ЭЭГ-записи устраняли при визуальном просмотре и с помощью метода анализа независимых компонент (Independent Components Analysis, ICA) в пакете EEGLAB toolbox (<http://www.sccn.ucsd.edu/eeglab/>). Временно-частотное разложение сигнала производили с помощью вейвлета Morlet. Для оценки изменений спектральной мощности ЭЭГ, вызванных предъявлением изображений лиц, с помощью того же пакета рассчитывали связанные с событием спектральные пертурбации (СССП, event-related spectral perturbation). СССП показывают изменения спектральной мощности ЭЭГ при предъявлении стимула по сравнению с уровнем престоимого интервала (фона). В качестве фона использовали промежуток времени в 2 с, когда на мониторе находилось изображение крестика, а в качестве тестового участка – 3 с от момента предъявления видеозаписи лица. При обработке данных получали изображения, отражающие в дБ логарифм отношения тестовой к фоновой мощности ЭЭГ. Отрицательные значения СССП соответствуют меньшей мощности в тестовом по сравнению с фоновым интервалом (десинхронизация ЭЭГ в определенном частотном диапазоне), положительные значения – большей мощности в тестовом интервале по сравнению с фоновым (синхронизация ЭЭГ). При оценке различий СССП при восприятии нейтральных и улыбающихся лиц, а также при восприятии счастливых лиц испытуемыми с низким и высоким уровнем РАФ использовали пермутационную статистику, значимыми считали различия при  $p < 0,01$ .

Остальные особенности методики описаны ранее [16].

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

На основании применения теста VARQ установлено, что среднее значение интегрального показателя РАФ составило  $3,05 \pm 0,52$  при крайних значениях 2,03 – 4,50 баллов. Это значение близко к результатам оценки контрольной группы отечественных испытуемых в работе Ж. В. Альбицкой (2,82 балла) и намного меньше, чем у родителей детей с РАС (3,68 баллов) [13], однако, как видно из приведенных данных, часть участников нашего исследования имели относительно высокие показатели РАФ. Для дальнейшего анализа были отобраны 24 испытуемых (10 юношей, 14 девушек), разделенных на две группы по 12 человек с наиболее высокими и низкими значениями РАФ. Их показатели входили в верхний (больше 3,41 балла) и нижний (меньше 2,74 балла) квартили распределения выборки.

Восприятие видеозаписей лиц с нейтральным и счастливым выражением, предъявленных вслед за изображением фиксационного крестика, у всей выборки испытуемых вызвало сложный комплекс ЭЭГ-реакций, наиболее выраженных в центральных и височных регионах. Однако в дальнейшем мы рассмотрим СССП ЭЭГ лишь в центральных отведениях, которые, как указано выше, являлись зоной интереса в настоящей работе. Восприятие видеозаписей приводило к



десинхронизации ЭЭГ в широком диапазоне частот от 4 до 24 Гц, в том числе в диапазонах мю-альфа- (8–13 Гц) и мю-бета-(13–24 Гц) ритмов (рис. 1).

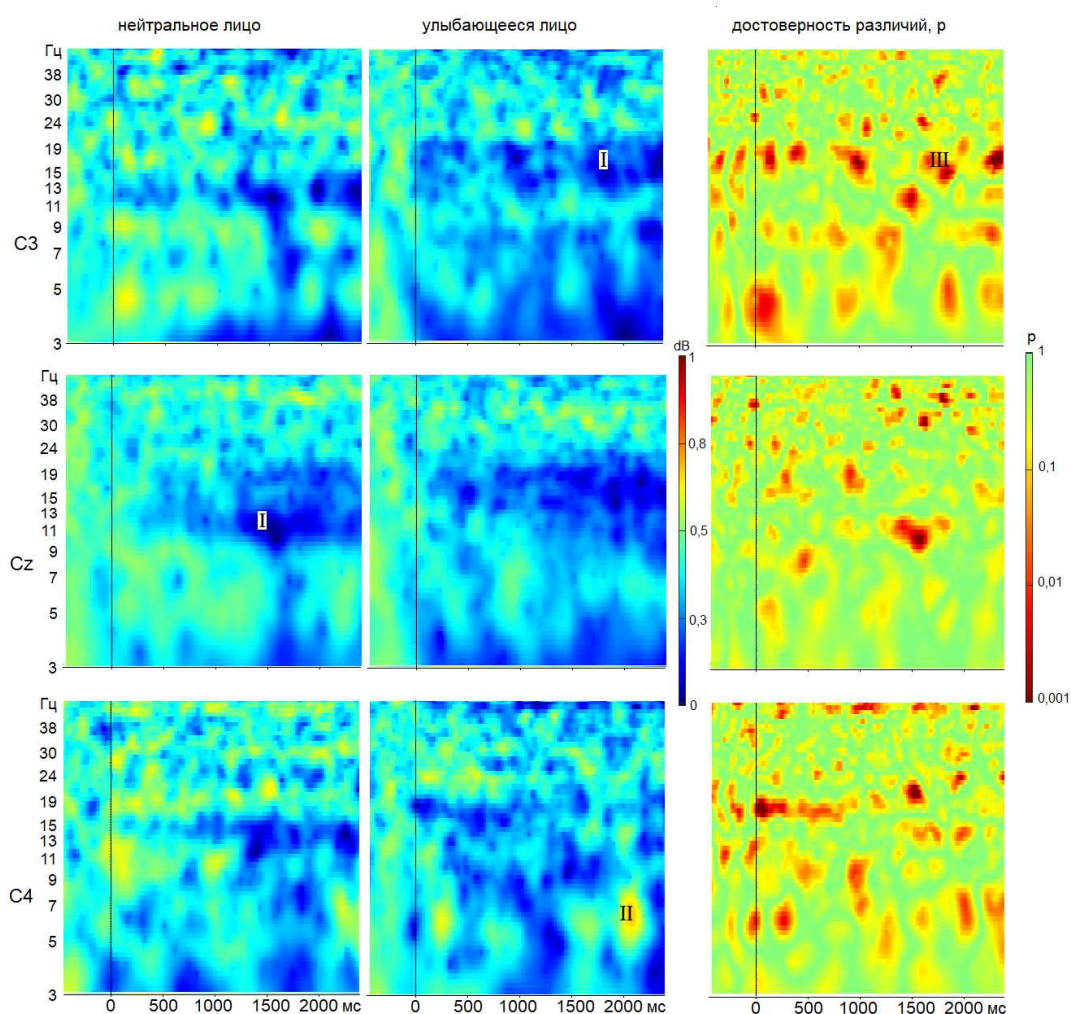


Рис. 1. Паттерн ЭЭГ-реакций в центральных отведениях на предъявление фотоизображений нейтральных и улыбающихся лиц у 48 испытуемых. СССП графики усреднены по всем испытуемым и всем лицам моделей. Вертикальная линия – начало появления видеозаписи нейтрального или улыбающегося лица вслед за изображением крестика. Синим цветом (I) отмечены участки графика с десинхронизацией (снижением мощности) ЭЭГ, желтым и красным цветом (II) – интервалы синхронизации ЭЭГ (повышения мощности). На фрагментах справа красным цветом (III) обозначены наиболее значимые различия.

Снижение мощности мю-ритма, возникающее сразу вслед за предъявлением изображения лица мы связываем с активацией сетей ЗСМ, расположенных на конвексиальных поверхностях левого (отведение С3) и правого (С4) полушарий, а также в области дополнительной моторной коры (внутренняя поверхность полушарий, отведение Cz). Такая активация критически важна для быстрого бессознательного распознавания эмоциональной лицевой экспрессии. Наши данные согласуются с результатами работ других исследователей, сообщающих о падениях мощности мю-ритма ЭЭГ при восприятии видеоизображений лиц [1, 3, 18].

Обращает на себя внимание, что как видно из рисунка 1, подавление мощности мю-ритма в отведении Cz во временном интервале 1500–2000 мс при восприятии нейтрального лица даже более выражено, чем при восприятии улыбки. Снижение мощности мю-ритма, свидетельствующее об активации ЗСМ в ответ на предъявление динамических изображений нейтральных лиц, отмечены и другими авторами. Указывают, что ограниченность эмоциональной информации при восприятии нейтрального лица часто требует даже большего сенсомоторного участия в расшифровке информации, связанной с эмоциями, чем явные эмоциональные выражения, которые легче распознаются [18]. Также, поскольку нейтральные и эмоциональные изображения предъявлялись в случайном порядке, дополнительная активация центральных областей неокортекса через 1000 мс и более после предъявления изображения лица могла быть связана с ожиданием испытуемыми в этом временном периоде появления эмоциональной экспрессии.

Важно отметить, что в нашем исследовании восприятие улыбающегося лица вызывало изменения ЭЭГ в более широком частотном диапазоне, чем при предъявлении нейтральных лиц. Так, в период 1500–2500 мс от начала предъявления счастливого лица (т.е. при появлении явно выраженной улыбки модели) в отведениях С3 и С4 наблюдается снижение мощности сенсомоторных ритмов ЭЭГ, включавшее диапазон бета-активности. Степень десинхронизации мю-бета-ритма значимо выше ( $p < 0,01$ , см. правую панель рисунка), чем при восприятии нейтрального выражения лица. В центральном отведении правого полушария (локус С4) при этом возникают осцилляции тета-ритма (4–7 Гц). Такие осцилляции, как принято считать [19], отражают активацию процессов запоминания и извлечения информации из памяти при следовании инструкции – определить, какая улыбка самая естественная.

На рис. 2 представлен паттерн изменений мощности ЭЭГ в центральных отведениях в ответ на предъявление изображения улыбающегося лица у испытуемых с разным уровнем комплексного показателя РАФ. У 12-ти участников исследования с низким РАФ десинхронизация ЭЭГ наблюдается в основном в диапазоне мю-альфа-ритма (8–13 Гц). Интересен тот факт, что рост мощности тета-ритма наблюдается преимущественно у данной группы. Установлено, что молодые люди с низкими показателями РАФ склонны вести себя более просоциально [20]. Можно предположить, что и в нашем исследовании именно эта группа испытуемых стремится в большей степени следовать инструкции и прилагает определенные усилия для запоминания улыбающихся лиц, что и отражается в росте тета-активности в правом полушарии.

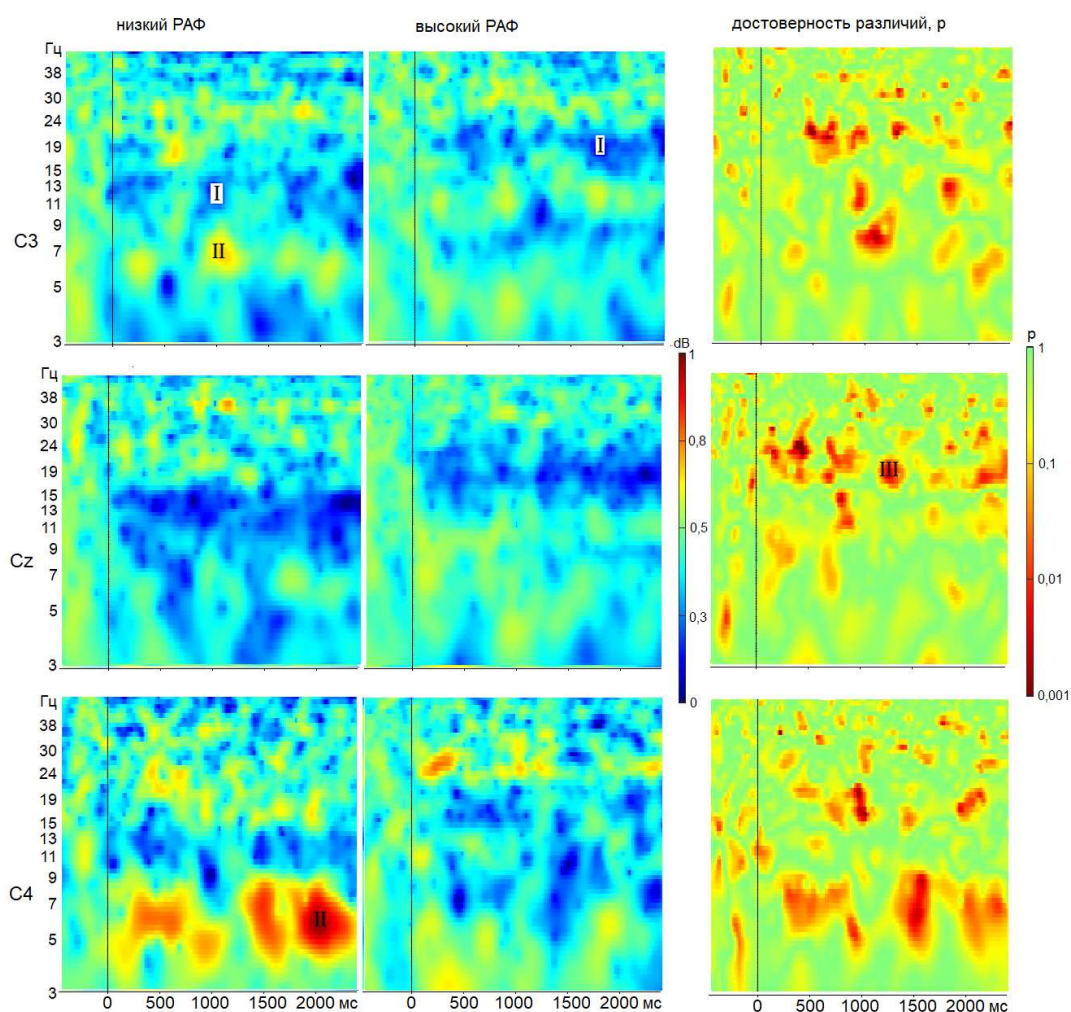


Рис. 2. Паттерн ЭЭГ-реакций в центральных отведениях на предъявление фотоизображений улыбающихся лиц у испытуемых с высокими и низкими показателями расширенного аутистического фенотипа (РАФ). СССП графики усреднены по 12-ти испытуемым каждой из групп и всем лицам моделей. Остальные обозначения как на рис. 1.

Из рисунка 2 видно, что у испытуемых с высокими значениями показателя РАФ более выражено подавление активности в диапазоне мю-бета-ритма (14–24 Гц). Различия между СССП групп достоверны при  $p < 0,01$  (см. правую панель рисунка). Указанную особенность реакций участников исследования с выраженными элементами аутистических черт можно объяснить следующим. Имеются сведения [20], что такие индивиды отличаются недостаточными социальными контактами, поскольку при общении с окружающими часто испытывают повышенную тревогу.

Как следствие, их способность приобретать соответствующие знания является в значительной степени ограниченной. По этой, а возможно и по иным причинам, люди с высокими значениями показателя РАФ испытывают трудности при распознавании эмоций. Мы можем предположить, что испытуемым данной группы требуются дополнительные когнитивные и нервные ресурсы для восприятия эмоциональной лицевой экспрессии и оценке ее искренности. При восприятии выражения лиц у них активируется не только сенсомоторная кора, но в большей степени, чем у людей с незначительной выраженностью аутистических черт, вовлекается в процессы активации и моторная зона неокортекса. Такая активация моторной коры проявляется в дополнительной десинхронизации в диапазоне мю-бета-ритма.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствуют, что восприятие испытуемыми видеозаписей нейтральных и улыбающихся лиц приводит к десинхронизации сенсомоторных ритмов ЭЭГ. Снижение мощности таких ритмов, возникающее сразу вслед за предъявлением изображения лица, мы связываем с активацией сетей ЗСМ, расположенных в левом и правом полушариях, а также в области дополнительной моторной коры. Такая активация критически важна для быстрого распознавания эмоциональной лицевой экспрессии. Восприятие улыбающегося лица, по сравнению с нейтральным, вызывало изменения ЭЭГ в более широком частотном диапазоне, включая диапазон мю-бета-ритма.

У участников исследования с низкой выраженностью аутистических черт десинхронизация ЭЭГ наблюдается в основном в диапазоне мю-альфа-ритма, у испытуемых с высокой – в диапазоне мю-бета-ритма, что может отражать необходимость дополнительной активации когнитивных и нервных ресурсов. Нельзя исключить, что люди с высокой степенью аутистических черт могут компенсировать свои трудности, обрабатывая лицевые эмоции с помощью иных стратегий, чем большинство населения. Выявление паттерна ЭЭГ-реакций при восприятии видеозаписей улыбки у здоровых молодых людей с выраженными аутистическими чертами может быть полезным в разработке новых методов коррекционной работы с детьми, имеющими диагноз РАС.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-00720, <https://rscf.ru/project/22-28-00720/> с использованием оборудования ЦКП “Экспериментальная физиология и биофизика”.*

### Список литературы

1. Moore A. EEG mu component responses to viewing emotional faces / A. Moore, I. Gorodnitsky, J. Pineda // Behav. Brain Res. – 2012. – Vol. 226, No 1. – P. 309–316.
2. Rychlowska M. The Pacified Face: Early Embodiment Processes and the Use of Dummies / M. Rychlowska, R. Vanderwert // Front. Psychol. – 2020 – Vol. 11. – P. 387.

3. Rayson H. Mu desynchronization during observation and execution of facial expressions in 30-month-old children / H. Rayson, J. J. Bonaiuto, P. F. Ferrari [et al.] // *Dev. Cogn. Neurosci.* – 2016 – Vol. 19. – P. 279–287.
4. Hobson H. M. Mu suppression – A good measure of the human mirror neuron system? / H. M. Hobson, D. V. M. Bishop // *Cortex.* – 2016. – Vol. 82. – P. 290–310.
5. Аликина М. А. Амплитудно-частотные, топографические, возрастные особенности и функциональное значение сенсомоторного ритма ЭЭГ / М. А. Аликина, С. А. Махин, В. Б. Павленко // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия.* – 2016. – Т. 2 (68), № 2. – С. 3–24.
6. Ларионова Е. В. Мю-ритм в современных исследованиях: теоретические и методологические аспекты / Е. В. Ларионова, Ж. В. Гарах, Ю. С. Зайцева // *Журн. высш. нервн. деят.* – 2022. – Т. 72, № 1. – С. 11–35.
7. Cooper N. Beta event-related desynchronization as an index of individual differences in processing human facial expression: further investigations of autistic traits in typically developing adults / N. Cooper, A. Simpson, A. Till [et al.] // *Front. Hum. Neurosci.* – 2013. – Vol. 7. – P. 159.
8. Павленко Д. В. Нейрофизиологические механизмы восприятия лицевой экспрессии и их особенности при расстройствах аутистического спектра / Д. В. Павленко, Е. Н. Чуян, В. Б. Павленко // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия.* – 2021. – Т. 7, № 3. – С. 160–179.
9. Birch-Hurst K. Altering Facial Movements Abolishes Neural Mirroring of Facial Expressions / K. Birch-Hurst, M. Rychlowska, M. B. Lewis [et al.] // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* – 2022. – Vol. 22, No 2. – P. 316–327.
10. Beltrán D. Brain signatures of perceiving a smile: Time course and source localization / D. Beltrán, M. G. Calvo // *Hum. Brain Mapp.* – 2015. – Vol. 36, No 11. – P. 4287–4303.
11. Martinelli A. Neurobiological correlates and attenuated positive social intention attribution during laughter perception associated with degree of autistic traits / A. Martinelli, E. Hoffmann, C. Brück [et al.] // *J. Neural. Transm. (Vienna).* – 2023 – Vol. 130, No 4. – P. 585–596.
12. Hurley R. S. E. The broad autism phenotype questionnaire / R. S. E. Hurley, M. Losh, M. Parlier [et al.] // *J. Autism and Dev. Disord.* – 2007. – Vol. 37, No 9. – P. 1679–1690.
13. Альбицкая Ж. В. Роль и влияние "расширенного аутистического фенотипа" у родителей на возникновение расстройств аутистического спектра у детей / Ж. В. Альбицкая // *Психическое здоровье.* – 2019. – № 6. – С. 39–44.
14. Sasson N. J. The broad autism phenotype questionnaire: prevalence and diagnostic classification / N. J. Sasson, K. S. Lam, D. Childress [et al.] // *Autism Res.* – 2013 – Vol. 6, No 2. – P. 134–143.
15. Kurtz M. R. The role of the broader autism phenotype in anxiety and depression in college-aged adults / M. R. Kurtz, R. K. Kana, D. L. Rivera [et al.] // *Front Psychiatry.* – 2023. – Vol. 14. – P. 1187298.
16. Павленко Д. В. Динамика ритмов ЭЭГ при восприятии нейтральных и улыбающихся лиц / Д. В. Павленко, Е. Н. Чуян, А. А. Михайлова [и др.] // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия.* – 2021. – Т. 7, № 4. – С. 134–143.
17. van der Schalk J. Moving faces, looking places: validation of the amsterdam dynamic facial expression set (ADFES) / J. van der Schalk, S. T. Hawk, A. H. Fischer [et al.] // *Emotion.* – 2011. – Vol. 11. – P. 907–920.
18. Karakale O. Mental simulation of facial expressions: mu suppression to the viewing of dynamic neutral face videos / O. Karakale, M. R. Moore, I. J. Kirk // *Front. Hum. Neurosci.* – 2019. – Vol. 13. – P. 34.
19. Herweg N. A. Theta Oscillations in Human Memory / N. A. Herweg, E. A. Solomon, M. J. Kahana // *Trends Cogn. Sci.* – 2020. – Vol. 24, No 3. – P. 208–227.
20. Jameel L. Going 'above and beyond': are those high in autistic traits less pro-social? / L. Jameel, K. Vyas, G. Bellesi [et al.] // *J. Autism Dev. Disord.* – 2014 – Vol. 44, No 8. – P. 1846–1858.

**DYNAMICS OF EEG RHYTHMS DURING THE PERCEPTION OF SMILING  
FACES AND ITS FEATURES IN PEOPLE WITH DIFFERENT LEVEL OF THE  
BROAD AUTISM PHENOTYPE**

*Pavlenko D. V., Chuyan E. N., Aleksandrova S. E., Grigorev Ya. P., Gurnakov N. V.,  
Mustafaev E. R., Pavlenko V. B.*

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: vpav55@gmail.com*

The identification of brain mechanisms of emotion recognition is of particular interest for understanding the typical and atypical development of social behavior. Researchers suggest that the perception of facial expressions is based on the dynamics of the activity of the mirror system of the brain. Desynchronization of the EEG mu rhythm generated in the sensorimotor areas of the brain is considered as an indicator of human mirror system activity. The mu-rhythm recorded over the central regions of the neocortex includes two frequency components: mu-alpha (8–13 Hz) and mu-beta (15–25 Hz), reflecting the contribution of the primary somatosensory cortex and motor cortex, respectively. We believe that the use of video images of a human face expressing positive emotions can be useful in corrective work with children diagnosed with autism spectrum disorder (ASD). Autistic traits are present to varying degrees in the general human population. The subdiagnostic features of autism are referred to as the "broader autism phenotype" (BAP).

The aim of the study was to find out how the emotional expressions of a smiling face affect EEG mu-rhythms and to evaluate the features of these reactions in healthy subjects with a high and low BAP score.

Our study involved 48 practically healthy students aged 18 to 25 years (18 boys and 30 girls). All subjects were right-handed and had normal or corrected to normal vision. To assess the severity of autistic personality traits, a Russified version of the BAPQ questionnaire was used. Registration of the EEG activity of the subjects' brains was carried out upon presentation of videos showing dynamic images of neutral and happy faces.

The results of the study indicate that the perception by the subjects of videos of neutral and smiling faces leads to desynchronization of the EEG sensorimotor rhythms. The decrease in the power of such rhythms, which occurs immediately after the presentation of a face image, we associate with the activation of the networks of mirror system located in the left and right hemispheres, as well as in the area of the supplementary motor cortex. This activation is critical for the rapid recognition of emotional facial expressions. The perception of a smiling face, compared to a neutral face, caused EEG changes in a wider frequency range, including the mu-beta rhythm range.

In the study participants with a low severity of autistic traits, EEG desynchronization is observed mainly in the mu-alpha rhythm range, in subjects with a high one, in the mu-beta rhythm range, which may reflect the need for additional activation of cognitive and neural resources. Identification of the pattern of EEG responses to the perception of smile

videos in healthy young people with pronounced autistic features may be useful in developing new methods of corrective work with children diagnosed with ASD.

**Keywords:** facial expression, EEG, mu-rhythm, broader autism phenotype

### References

1. Moore A., Gorodnitsky I. and Pineda J. EEG mu component responses to viewing emotional faces, *Behav. Brain Res.*, **226**, 309 (2012).
2. Rychlowska M. and Vanderwert R. The Pacified Face: Early Embodiment Processes and the Use of Dummies, *Front Psychol.*, **11**, 387 (2020).
3. Rayson H., Bonaiuto J. J., Ferrari P. F. and Murray L. Mu desynchronization during observation and execution of facial expressions in 30-month-old children, *Dev. Cogn. Neurosci.*, **19**, 279 (2016).
4. Hobson H. M. and Bishop D. V. M. Mu suppression – A good measure of the human mirror neuron system? *Cortex*, **82**, 290 (2016).
5. Alikina M. A., Makhin S. A. and Pavlenko V. B. EEG sensorimotor rhythm: amplitude, frequency, topography, age-dependency and functional meaning, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **2**, 3 (2016).
6. Larionova E. V., Garakh Zh. V. and Zaytseva Y. S. Mu-rhythm in contemporary research: theoretical and methodological aspects, *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat.*, **72**, 11(2022).
7. Cooper N., Simpson A., Till A., Simmons K. and Puzzo I. Beta event-related desynchronization as an index of individual differences in processing human facial expression: further investigations of autistic traits in typically developing adults, *Front. Hum. Neurosci.*, **7**, 159 (2013).
8. Pavlenko D. V., Chuyan E. N. and Pavlenko V. B. Neurophysiological mechanisms of facial expression perception and their features in autistic spectrum disorders, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **7**, 160 (2021).
9. Birch-Hurst K., Rychlowska M., Lewis M. B. and Vanderwert R. E. Altering Facial Movements Abolishes Neural Mirroring of Facial Expressions, *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.*, **22**, 316 (2022).
10. Beltrán D. and Calvo M. G. Brain signatures of perceiving a smile: Time course and source localization, *Hum. Brain Mapp.*, **36**, 4287(2015).
11. Martinelli A., Hoffmann E., Brück C., Kreifelts B., Ethofer T. and Wildgruber D. Neurobiological correlates and attenuated positive social intention attribution during laughter perception associated with degree of autistic traits, *J. Neural. Transm. (Vienna)*, **130**, 585 (2023).
12. Hurley R. S. E., Losh M., Parlier M., Reznick J. S. and Piven J. The broad autism phenotype questionnaire, *J. Autism Dev. Disord.*, **37**, 1679 (2007).
13. Albitskaya Zh. V. The role and influence of the «broad autism phenotype» in parents on the occurrence of autism spectrum disorders in children, *Psikhicheskoe zdorovie [Mental Health]*, **6**, 39 (2019).
14. Sasson N. J., Lam K. S., Childress D., Parlier M., Daniels J. L. and Piven J. The broad autism phenotype questionnaire: prevalence and diagnostic classification, *Autism Res.*, **6**, 134 (2013).
15. Kurtz M. R., Kana R. K., Rivera D. L. and Newman S. D. The role of the broader autism phenotype in anxiety and depression in college-aged adults, *Front. Psychiatry*, **14**, 1187298 (2023).
16. Pavlenko D. V., Chuyan E. N., Mikhailova A. A., Alexandrova S. E., Alexandrova S. V., Batievskaya A. V. and Pavlenko V. B. EEG oscillation patterns when observing neutral and smiling faces, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **7**, 134 (2021).
17. van der Schalk J., Hawk S. T., Fischer A. H. and Doosje B. Moving faces, looking places: validation of the amsterdam dynamic facial expression set (ADFES), *Emotion*, **11**, 907 (2011).
18. Karakale O., Moore M. R. and Kirk I. J. Mental Simulation of Facial Expressions: Mu Suppression to the Viewing of Dynamic Neutral Face Videos, *Front. Hum. Neurosci.*, **13**, 34 (2019).
19. Herweg N. A., Solomon E. A. and Kahana M. J. Theta Oscillations in Human Memory, *Trends Cogn Sci.*, **24**, 208 (2020).
20. Jameel L., Vyas K., Bellesi G., Roberts V. and Channon S. Going 'above and beyond': are those high in autistic traits less pro-social? *J. Autism Dev. Disord.*, **44**, 1846 (2014).

**УДК 579.266**

**ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ АРКТИЧЕСКИХ ПАЛЕОБАКТЕРИЙ:  
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, ЭКОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ.  
ОБЗОР**

*Петров С. А., Мальчевский В. А., Субботин А. М., Суховой Ю. Г.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный  
исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской  
академии наук, Тюмень, Россия  
E-mail: tumiki@yandex.ru*

Приведен литературных обзор бактериальных вторичных метаболитов (B-SMs), обеспечивающие бактериям конкурентное селективное преимущество в соперничестве за субстрат. Они продуцируются во время стационарной/идиофазы цикла роста бактерий генными кластерами, обычно известными как биологические генные кластеры (BGCs), которые производят разнообразные биоактивные вещества, прямо или косвенно способствующие здоровью растений путем продукции антибиотиков, деградирующих ферментов, сидерофоров и др. Эти B-SMs в основном включают фосфолипиды, пептиды, полипептиды, хинолы, поликетиды, алкалоиды, полиены, феназины, летучие вещества, аминсахара, макролактоны и аминогликозиды. B-SMs широко используются в качестве противогрибковых, антибактериальных, противовирусных, противоопухолевых и противоводорослевых биоактивных компонентов благодаря их эффективной защите от различных заболеваний растений, управлению биотическим стрессом и способности вызывать ответную реакцию хозяина. Данный обзор дает представление о ряде важных характеристик B-SMs арктических палеобактерий, основанные на собственных исследованиях их продукции, таксономического разнообразия, классификацию на основе SMs и использование в качестве защитных молекул против патогенов и биотического стресса.

**Ключевые слова:** бактериальные вторичные метаболиты (B-SMs), арктические палеобактерии, управление стрессом при болезнях растений, биоконтроль, здоровье растений, PGPR, фитопатогены.

**ВВЕДЕНИЕ**

Арктика является крупным мировым биомом высокой природоохранной ценности, который играет важную роль в регулировании глобального углеродного баланса и климата Земли. В этом биоме микробное таксономическое и функциональное разнообразие арктических почв оказалось очень разнообразным и сложным, но во многих отношениях сравнимым с таковым в других биомах, несмотря на суровые условия окружающей среды. Как и в случае с другими биомами, было обнаружено, что микробное разнообразие варьируется в зависимости от горизонта/глубины почвы, между экосистемами: например, тундра, торф [1]. Несмотря на то, что почвенные микроорганизмы (МО) оказывают существенное влияние на рост и развитие растений, тем не менее, анализ литературных данных показал, что в мире практически не уделяется внимание изучению влияния арктических МО и их метаболитов на современные растительные



объекты. Приоритетными направлениями исследований являются определение видового разнообразия, особенностей экологии МО, определение пределов длительности криоанабиоза, биотехнологический потенциал [2–7].

Результаты исследования *in vitro* показали, во-первых, высокую жизнеспособность арктических МО в диапазоне температур от  $-186\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Во-вторых, они на любые изменения температуры внешней среды в сторону как повышения (до  $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), так и понижения (до  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) относительно средней температуры многолетнемерзлых пород ( $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) отвечает всплеском ферментативной активности, что является их отличительной особенностью по сравнению с современными аналогами.

Известно, что продукция метаболитов является общим свойством МО в естественной среде, включая эукариоты и прокариоты. Бактерии производят множество метаболитов с различными функциями управления биотическим стрессом [8]. В-SMs – это композиты, которые не являются необходимыми для обеспечения жизнедеятельности или репликации бактерий; однако они образуются, чтобы предать организму селективное преимущество. В-SMs – это низкомолекулярные продукты вторичного метаболизма, имеющие массу менее 2,5 KDa [9] и вырабатываемые минорными категориями микробов. В-SMs помогают сохранять межвидовой антагонизм, обеспечивают механизмы самозащиты и способность к размножению [10]. Многочисленные В-SMs выполняют свою роль в борьбе со стрессом растений, включая защитные механизмы, выступая в качестве антибиотиков и производя пигменты [11]. В-SMs, состоящие из терпенов, фенольных соединений, азота (N) и серы (S), защищают растения от различных биотических и абиотических стрессов, в том числе от патогенных МО, особенно грибов, бактерий и других паразитов [12].

Нами из метаболитов арктического штамма M3 *Bacillus sp.* выделены особые химические вещества – олигомеры, имеющие в основе двухосновный алкалоид и нарастающую цепь из звеньев этиленгликоля в виде «гребенки». Известно, что молекулы подобного строения могут значимо усиливать иммунный ответ организма [81–84].

Патогенные МО и их воздействие на растения могут быть снижены благодаря существованию PGPR (ризобактерии, способствующие росту растений), обладающих тактикой биоконтроля, которые снижают воздействие патогена на растение с помощью механизма ISR (индуцированной системной резистентности) [13, 14] и путем предоставления многочисленных видов В-SMs, продуцирующие в стационарной фазе, особенно в идиофазе их цикла роста, как показано на рис. 1. В-SMs действуют как защитные молекулы против многочисленных стрессов, связанных с болезнями, либо путем прямого ингибирования роста фитопатогенов и косвенно **стимулируя** защитные силы растений [15–17], фиксируют азот, продуцируют ауксины, сидерофоры, различные деградирующие ферменты, которые преобразуют сложные полимеры в простую потребляемую форму, солюбилизируют фосфаты [11, 18, 19].

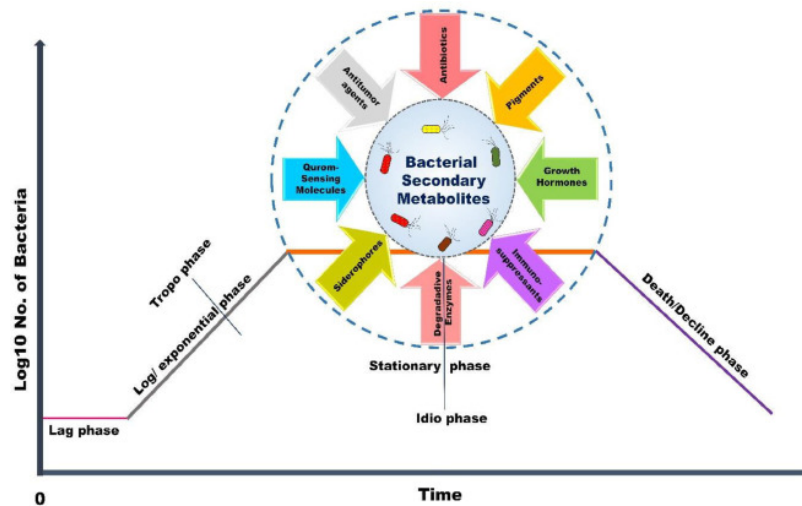


Рис. 1. Кривая роста бактерий, представляющая производство В-SMs в идиофазе [85].

В-SMs химически и функционально разнообразны и обладают удивительной антимикробной, ростстимулирующей, гербицидной, инсектицидной и антипаразитарной активностью [18]. В-SMs в основном состоят из фосфолипидов, пептидов, полипептидов, хинолов, поликетидов, алкалоидов, полиенов, феназинов, летучих веществ, аминоксахаров, макролактона и аминогликозидов.

## 2. ТАКСОНОМИЯ АРКТИЧЕСКИХ ПАЛЕОБАКТЕРИЙ – КАНДИДАТОВ В ПРОДУЦЕНТЫ В-SMs ДЛЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Бактерии производят около двух третей всех имитирующих природу антибиотиков, используемых в настоящее время в медицине, ветеринарной практике и агрономии [20], большинство которых были получены из рода *Streptomyces* [21, 22]. Существует бесчисленное множество видов бактерий, способных генерировать большое количество В-SMs, которые находят разнообразное применение в управлении биотическим стрессом: бактерии родов *Bacillus*, актиномицеты, *Pseudomonas*, *Serratia* [23, 24] и многие другие [25–43].

Количество арктических палеобактерий, выявленных нами из мерзлых образцов 30-метрового разреза эпикриогенной толщи, варьировало в пределах от  $10^4$  до  $10^8$  КОЕ/г, по степени обогащенности – от «очень бедной» до «средней». Метагеномный анализ с использованием нуклеотидной последовательности 16S rRNA у арктических палеобактерий показал бактериальное разнообразие, представленное в основном 13 видами (см. рис. 2). При этом, выявлен с высоким коэффициентом аппроксимации ( $R^2 = 0,9218$ ) тренд к увеличению количества пиримидиновых олигонуклеотидных последовательностей микробиоты с увеличением глубины залегания ( $y = 11,433x + 454,78$ ).

## ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ АРКТИЧЕСКИХ ПАЛЕОБАКТЕРИЙ...

Домен	Тип	Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид			
Bacteria	Actinobacteria	Actinobacteria	Actinomycetales	Micrococccaceae	Kocuria	Kocuria rhizophila			
	Proteobacteria	Gamma proteobacteria	Pseudomonadales	Moraxellaceae	Acinetobacter	Acinetobacter radioresistens			
				Pseudomonadaceae	Pseudomonas	Pseudomonas putida			
						Pseudomonas fluorescens			
			Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	Stenotrophomonas	Stenotrophomonas maltophilia			
			Enterobacteriales	Enterobacteriaceae	Enterobacter	Enterobacter spp			
			Betaproteobacteria	Burkholderiales	Alcaligenaceae	Bordetella	Bordetella bronchiseptica		
			Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	Bacillus	Bacillus cereus	
									Bacillus megaterium
									Bacillus subtilis
Staphylococcaceae	Staphylococcus	Staphylococcus saprophyticus							
Listeriaceae	Listeria	Listeria seeligeri serovar							
Lactobacillales	Enterococcaceae	Enterococcus				Enterococcus faecalis			

Рис. 2. Таксономия бактерий, выделенных из многолетнемерзлых пород.

Процент идентичности фрагментов нуклеотидных последовательностей 16S rRNA гена микробиоты мерзлых грунтов составил от 88 до 100 %. При идентификации в Gene Bank данных культур максимальная идентичность (более 99 %) была получена со следующими референтными штаммами (см. рисунок 3): с глубины до 10 м – *Acinetobacter sp.*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus megaterium*; с глубины 10–20 метров – *Bordetella avium or bronchis*, *Bacillus megaterium*, *Kocuria rhizophila*; с глубины более 20 м – *Bordetella avium or bronchis*. Данные культуры по гену 16S rRNA были идентифицированы как *Acinetobacter sp.*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus megaterium*, *Bordetella avium or bronchis*, *Bacillus megaterium*, *Kocuria rhizophila* и *Bordetella avium or bronchis*. В отношении 3 штаммов идентификация в Gene Bank была на уровне ниже 95 %: *Pseudomonas sp.*, *Bacillus cereus*, *Stenotrophomonas maltophilia* с глубины 10–20 м.

Большую часть бактерий в мерзлых грунтах составляли представители класса Bacilli (46,5 % всех бактериальных последовательностей) и большинство из них принадлежали к семейству *Bacillaceae* (50 % всех бактерий, в основном род *Bacillus*), известные представители которого являются аэробами или факультативными анаэробами, большинство представителей хемоорганогетеротрофы и растут на простых питательных средах. Некоторые виды способны к нитратредукции. По методу Грамма окрашиваются положительно. Недавние исследования [44] выявили, что бактерии вида *Bacillus subtilis* способны к

каннибализму во время споруляции путём продукции токсинов в окружающую среду и дальнейшем лизису клеток своего вида – микробному апоптозу.

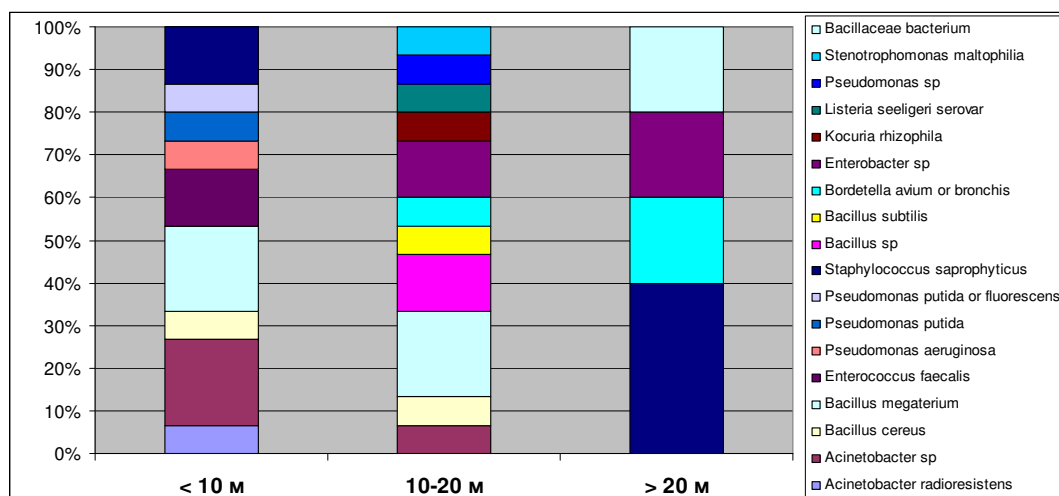


Рис. 3. Структура микробных сообществ, определенная в результате анализа последовательностей 16S рРНК.

По данным анализа результатов сиквенса 16S rRNA было построено филогенетическое дерево бактерий рода *Bacillus* с гомологичными штаммами (см. рисунок 4). На втором месте по распространенности (приблизительно 38,46 % всех последовательностей 16S рРНК) были бактерии класса *Gamma*proteobacteria и большинство из них принадлежали к семейству *Pseudomonadaceae* (40 % всех бактерий, в основном род *Pseudomonas*), известные представители которого относятся к сапрофитам и патогенам. В-SMs которых способны утилизировать разнообразные природные и неприродные соединения в качестве источника углерода и энергии.

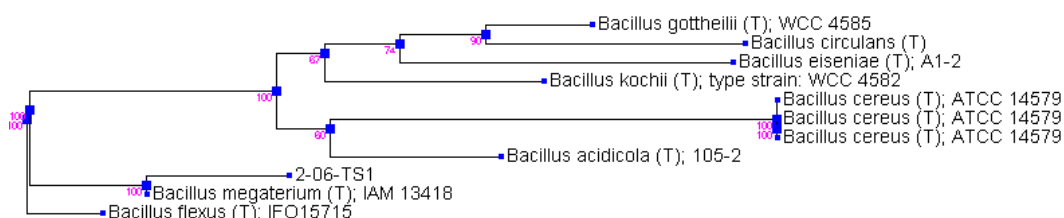


Рис. 4. Филогенетическое дерево бактерий рода *Bacillus* с гомологичными штаммами.

Уникальной считается способность представителей данного рода для питания использовать ароматические соединения: фенол, камфору, нафталин, сацилат, толуол и другие, не утилизируемые другими МО. Характерная особенность В-SMs

псевдомонад – способность деградировать химические соединения (различные пестициды), содержащие в составе атомы брома, фтора, ртути, хлора. Некоторые виды способны расщеплять поверхностно-активные вещества (сульфанол, додецилсульфат натрия, алкилсульфонат), синтетические полимеры (капролактамы, *п*-нитро-анилин, тринитротолуол). Некоторые бактерии рода, обитающие в ризосфере растений, обладают способностью фиксировать молекулярный азот.

Таким образом, степень сблоченности нуклеотидов в 16S рРНК изученных арктических палеобактерий специфична в межвидовом аспекте. Выявлены различия в структуре геномов исследуемых МО в зависимости от глубины их залегания по содержанию компонентов, различающихся соотношением тимидиловых и цитидиловых нуклеотидных остатков, обусловлены главным образом контрастами в содержании коротких тимидиловых блоков, состоящих из 2 атомов азота и 4 атомов углерода. С увеличением глубины залегания блочная структура 16S рРНК имеет векторный характер. Эволюция генома бактерий, исходя из анализа соотношений цитидиловых и тимидиловых остатков в изоплитах 16S рРНК, имеет следующие общие черты их организации: а) наибольшим содержанием в составе изоплиты отличаются компоненты, включающие в свой состав оба пиримидиновых нуклеотида и большей частью те, которые обогащены тимидиловой кислотой; б) по мере уменьшения глубины залегания длина последовательности 16S рРНК растет, а степень их обогащенности аденином падает.

### 3. ПРОДУКЦИЯ B-SMs ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РОСТА РАСТЕНИЙ

Природные материалы всегда играют главную роль в создании новых терапевтических средств [45]. Исторически сложилось так, что большинство антибиотиков и других B-SMs, таких как пигменты и противоопухолевые агенты, были получены из почвенных бактерий, которые можно выделить и вырастить в лаборатории [46]. Традиционная методология получения новых биологически активных соединений, имеющих исключительно отличительные химические структуры и генетическую значимость, зависит от разнообразных МО, выделенных из разных полюсов и часто из защищенной среды.

Оптимальное производство B-SMs может быть достигнуто путем оптимизации составов сред путем изменения компонентов среды, т.е. потребности в питательных веществах (источник С и N), температуры и рН. Этот процесс производства обычно осуществляется с помощью погружной ферментации, а выделенные B-SMs могут быть охарактеризованы с помощью различных аналитических методов, таких как HPLC (высокоэффективная жидкостная хроматография), GC-MS (газовая хромато-масс-спектрометрия), ИК-Фурье, ЯМР и других.

Нами показано, что арктические палеобактерии, которые были выделены с глубины до 10 м из арктических почв, относятся к более современным представителям микробного сообщества. Осваивая экологическую нишу (внутри эволюционно «молодой» микробиоты) МО проявляют конкурентные отношения между собой в виде антагонистической активности в борьбе за питательный субстрат. Длительно существующие микробные сообщества, выделенные с глубин более 20 м, где присутствует достаточное количество питательных веществ, в

процессе взаимоадаптации утрачивают факторы, способствующие антагонистической активности. Выявлено, что с глубиной возрастает устойчивость МО и снижается их чувствительность к антибиотикам ( $y = 0,7223x + 8,6569$  при  $R^2 = 0,7205$ ). При этом большинство штаммов чувствительно к воздействию таких антибиотиков, как ципрофлоксацин, гентамицин, канамицин; устойчивы к антибиотикам: линкомицину, продуцентом которого являются актиномицеты рода *Streptomyces*, оксациллину, бензилпенициллину, продуцентом которых является семейство *Penicilium*. Причем большинство арктических палеобактерий было устойчиво к нескольким антибиотикам. Очевидно в природных условиях штаммы, устойчивые к действию нескольких антибиотиков, возникают в ходе длительного эволюционного процесса.

Таким образом, чем ближе структура антибиотика к природным абиотическим факторам почвенных МО, тем ниже к ним чувствительность арктических палеобактерий. В процессе эволюции микробиот происходила адаптация МО к абиотическим факторам, используемых ими в конкуренции за пищевые ресурсы. Возможно, что бактерии стали устойчивыми еще до перехода дисперсных обводненных грунтов в мерзлое состояние. Резистентность к антибиотикам распространялась среди бактерий ещё до наступления «эры антибиотиков». Аналогичные результаты были получены специалистами института молекулярной генетики РАН и кафедры почв МГУ им. М. В. Ломоносова, которые исследовали бактерии, выделенные из арктической вечной мерзлоты [47].

С помощью стандартной методики просвечивающей электронной микроскопии [48] с использованием электронного микроскопа Jeol JEM-1011 (“JEOL”, Япония) и ультрамикротомы Leica EM UC7 (Германия) нами была рассмотрена ультраструктурная организация арктического штамма палеобактерии рода *Bacillus sp.*. Выделены некоторые структурные особенности их сообщества в биопленках, в которых *Bacillus sp.* образуют хорошо организованное сообщество с многочисленными специализированными конфигурациями (см. рис. 5). Установлен размер бацилл ( $880,88 \pm 117,18$  на  $624,03 \pm 54,57$  нм), толщина их клеточной стенки –  $19,43 \pm 3,04$  нм. При этом клеточная стенка относительно проницаема. Об этом свидетельствуют наличие вокруг бактериальных клеток множество круглых секреторных везикул размером  $46,01 \pm 3,1$  нм, окруженных однослойными мембранами и располагающиеся только в пределах биопленки. Эти везикулы объединены в цепочки. При этом размер везикул коррелировал с длиной ( $r = 0,909$  при  $p = 0,012$ ) и площадью ( $r = 0,865$  при  $p = 0,26$ ) бактерий. Внутри этих везикул как раз и содержатся вторичные бактериальные метаболиты.

Для определения метаболома использовался штамм *Bacillus sp.* при культивировании его при  $4^\circ\text{C}$ . В-SMs *Bacillus sp.* подвергались последовательной ультрафильтрации через фильтры УПМ-Пс 6000. Полученный бессолевой концентрат ультрафильтрата с М.М. от 10 до 0,5 кД наносили на колонку диаметром 15x50 см с мелкопористым сефадексом G-15 (Pharmacia, Sweden). Регистрацию выходящих вслед за свободным объемом пиков (фракций) осуществляли при помощи аппарата Unicord (LKB, Sweden). В каждой фракции определяли количество и качество выходящих продуктов, подвергая их в последующем

лиофилизации. Для дальнейшей очистки выделенные фракции подвергали обращенно-фазовой хроматографии высокого давления при помощи жидкостного хроматографа фирмы Gilson (France), собирали и лиофилизовали (см. рис. 6).

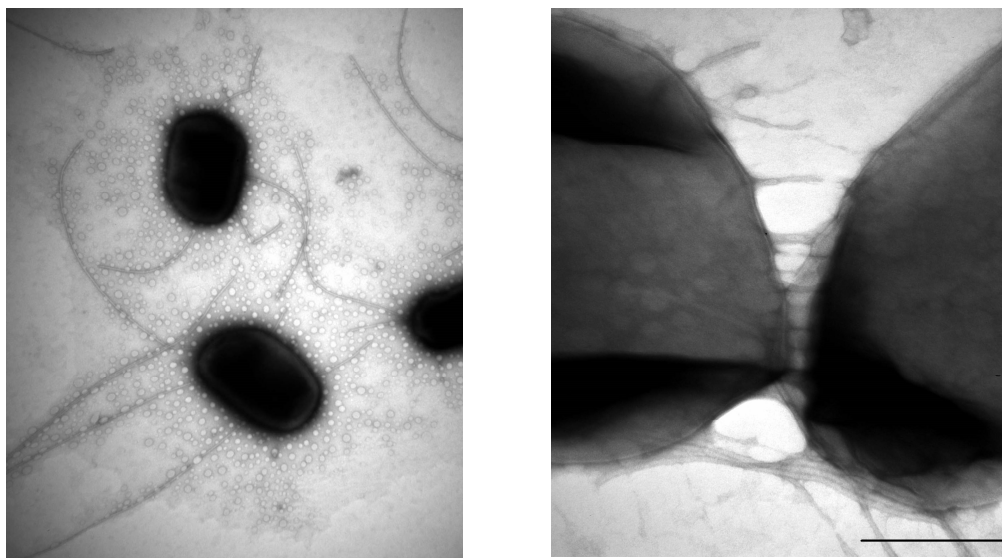


Рис. 5. Микрофотографии бактерий рода *Bacillus* sp, фазовый контраст, масштабная линейка 20 нм.

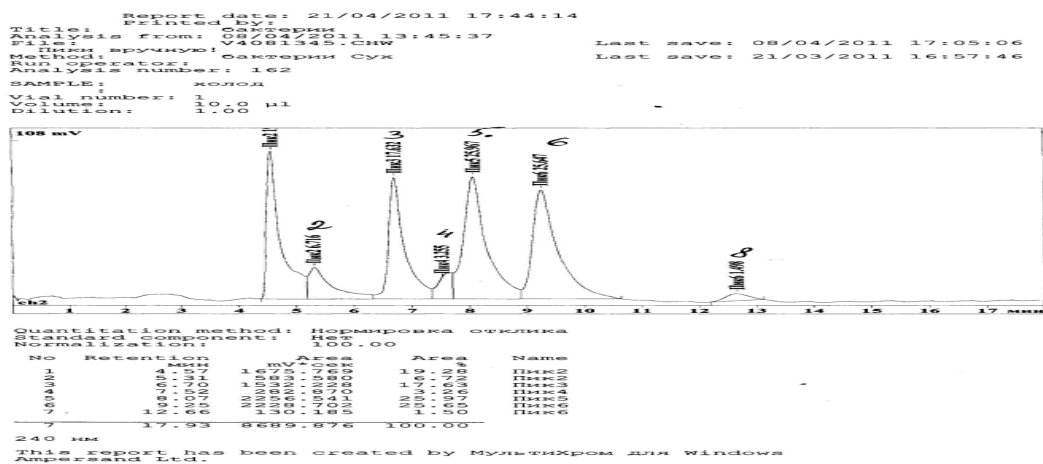


Рис. 6. Хроматографические фракции метаболитов *Bacillus* sp.

Для установления молекулярной структуры хроматографических пиков была проведена масс-хроматография (рис. 7).

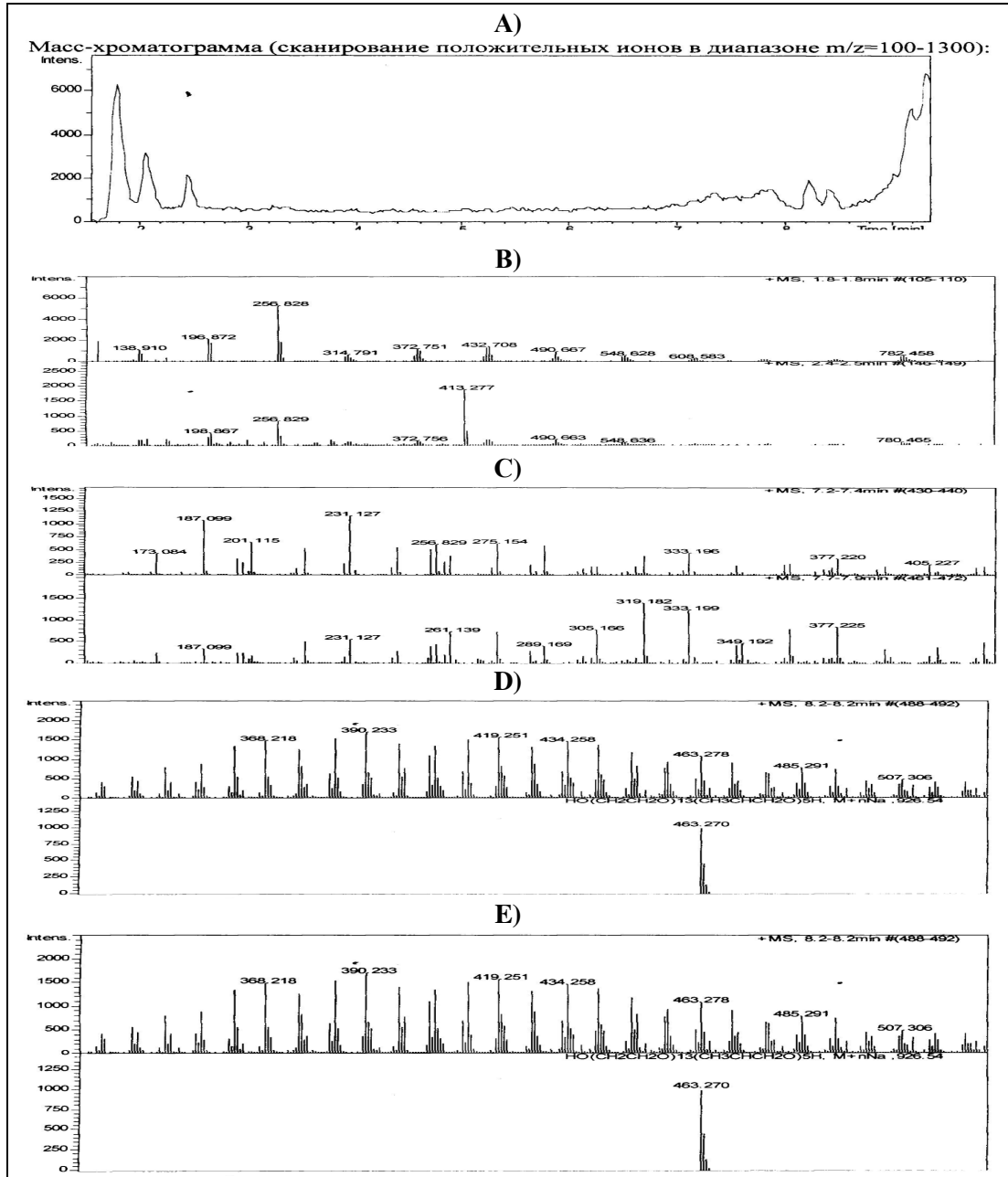


Рис. 7. Масс-хроматограмма продуктов метаболизма *Bacillus* sp.

Первый пик (рис. 7, А) обусловлен выходом NaCl (в виде ионов типа  $\text{Na}(\text{NaCl})n$ ). Во втором виден сложный набор ионов в диапазоне  $m/z = 100-370$ . В третьем явно виден однозарядный ион с  $m/z = 413.27$ .



Широкий пик на 7.2–8 мин (рис. 7В и 7С) обусловлен выходом неразделившейся смеси олигомеров полиэтилен-полипропиленгликолей общей брутто-формулы  $\text{HO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n(\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_2\text{O}))_m\text{H}$ , которые проявляются в виде аддуктов с натрием в диапазоне  $m/z = 170\text{--}400$ . Эффективный набор ионов в пике на 8,2 мин (рис. 7С) можно объяснить этой же брутто-формулой, но с учетом образования более длинными молекулами и двухзарядных ионов (аддукты с двумя катионами натрия). После 8-ой минуты (рис. 7 D и E) в хроматограмме выходят различные аминокислоты (в том числе лейцин, валин и т.п.), а на их фоне появляется ещё одна полимерная «гребёнка» двухзарядных ионов. Интервал масс в этой гребёнке соответствует группе  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  ( $44,026/2 = 22,013$ ), но это явно не простой полиэтиленгликоль (ПЭГ), так как набор ионов для ПЭГ в этом диапазоне имеет другие значения  $m/z$  (516,28 – 538,3 – 560,31 и т.д.). Наличие в этом наборе только двухзарядных ионов и заметно большие значения дефекта масс свидетельствуют, что здесь проявляется олигомер, имеющий в своей основе двухосновный алкалоид и нарастающую цепь из звеньев этиленгликоля. Молекулярный вес этих олигомеров от 900 до 1350 дальтон.

Известно, что в связи с особенностями внеклеточного метаболизма в состав молекул-эффекторов регуляции клеточного метаболизма в обязательном порядке входят ферменты МО. В данном исследовании (см. табл. 1) определена ферментативная активность арктического штамма МО после инкубации при разных температурных условиях – при  $-16, -5, 5, 37$  и  $42^\circ\text{C}$ . Установлено, что минимальная ферментативная активность у штамма *Bacillus cereus* отмечается при температурах  $-5, 5$  и  $37^\circ\text{C}$ , а максимальная – при  $-16$  и  $42^\circ\text{C}$ .

**Таблица 1**  
**Ферментативная активность арктического штамма рода *Bacillus cereus* в зависимости от температурных условий инкубации**

Температура, °C	-16	-5	5	37	42	+/-
Маннит	-	-	-	-	+	1/4
Глюкоза	+	+	+	-	+	4/1
Манноза	+	-	-	-	-	1/4
Сахароза	+	-	-	-	-	1/4
Арабиноза	-	-	-	-	+	1/4
Среда Симмонса	-	-	+	+	-	2/3
+/-	3/3	1/5	2/4	1/5	3/3	10/20

В экстремально пониженных температурах ( $-16^\circ\text{C}$ ) ферментативная активность палеоштамма МО повышается в отношении моносахаридов (глюкоза и манноза) и дисахаридов (сахароза), а при экстремально повышенных температурах ( $42^\circ\text{C}$ ) в отношении моносахаридов (арабиноза) и спиртов (маннит). При переходе к массивной криогенной текстуре микробные сообщества характеризуются ростом ферментативной каталазной активности до  $94,4 \pm 5,4\%$ , которая является универсальной антиоксидатной системой и обеспечивает водой и кислородом

микробные сообщества. Арктическая микробиота обладает достаточной сахаролитической, протеолитической, оксидазной активностью, что играет важную роль в защите МО от антибиотиков, содержащих D аминокислоты. Наличие уреазной активности у  $3,6 \pm 2,5$  % микроорганизмов ММП играет важную роль в круговороте азота в естественных условиях и способствует повышению pH в окружающей среде. Эти данные свидетельствуют: во-первых, что ферментативная активность арктических палеобактерий определяется температурой окружающей среды; во-вторых, в экстремальных температурных условиях ферментативная активность их повышается.

#### 4. ГЕНЫ, КОДИРУЮЩИЕ B-SMs

B-SMs производятся биосинтетическими генными кластерами (BGCs), которые представляют собой группу совместно расположенных генов, работающих вместе для создания молекулы [46]. BGCs в основном кодируют PKS и NRPS (синтез поликетидов и нерибосомальных пептидов соответственно), которые в дальнейшем совместно или независимо используются для борьбы с биотическим стрессом (как антибактериальные, противогрибковые и другие виды биоконтроля) путем кодирования производства антибиотиков, иммунодепрессантов и других противогрибковых агентов, как описано в таблице 2. Показаны разнообразные гены, кодирующие несколько B-SMs, которые проявляют активность по стимулированию роста растений и/или управлению стрессом растений.

Таблица 2

#### B-SMs с кодировками их генов и кластеров генов

Name of B-Sms	Name of bacteria	Molecular weight of B-Sms (KDa)	Gene Responsible for B-Sms production	Reference
Bacillaene	<i>B. subtilis</i> NCIB3610	742.9	pks gene	[48]
Bacillibactin	<i>B. subtilis</i>	882.79	dhbACEBF gene cluster	[49]
Bacillomycin D	<i>B. subtilis</i>	989.094	Bmy gene	[50]
Fengycin	<i>B. subtilis</i> F29-3	1,463.71	fenC	[51]
Plipastatin	<i>B. subtilis</i> YB8	1,463.70	degQ, pps, and lpa-8 genes	[52]
Surfactin	<i>B. subtilis</i> 168	1,036.30	sfp gene	[52]
Surfactin	<i>Bacillus</i> sp. SZMC 6179J	1,036.30	sfp gene	[53]
Pyoverdine	<i>P. aeruginosa</i> PAO1	1365.424	pvd genes	[54]
Salicylic acid	<i>P. fluorescens</i> WCS374	138.12.	pmsCEAB Gene Cluster	[55]

В настоящее время, все еще очень многие важные проблемы общебиологического значения остаются нерешенными. И среди них важнейшими являются клеточная дифференцировка и регуляция активности генов. Мы до сих пор еще до конца не понимаем, как происходит нормальное развитие организма, как изначально клетки, имеющие исходно одинаковую генетическую информацию, в процессе развития идут своим собственным (разным) путем с точной и правильной реализацией в пространстве и времени особых областей генома в специфический фенотип. Как клетка решает, когда ей делиться и начать дифференцироваться? Как бы там ни было, именно эпигенетика позволяет по-новому взглянуть на эти проблемы и найти решение таких животрепещущих загадок биологии, как клеточная идентичность (специфичность), канцерогенез, пластичность и регенерация клеток. Об эпигенетике часто вспоминают, когда речь идет о влиянии внешней среды на экспрессию генов. Факторы среды могут оказывать заметное влияние на активность ферментов (и их кофакторов), осуществляющих модификации гистонов и ДНК.

Отдельной проблемой является доказательство функциональной активности микробиоты в природном местообитании. Метаболически активные компоненты микробных сообществ возможно выявить путем применения метагеномного анализа генов 16S рРНК. Таким образом, представляется актуальным исследование белков, перспективных как для идентификации и обнаружения арктических палеобактерий, их метаболической активности.

Термином «протеом» также обозначают набор белков субклеточного организма (бактериальный протеом). Протеом, особенно у эукариот, больше, чем геном. Это связано с альтернативным сплайсингом, а также с посттрансляционной модификацией белков, например, их гликозилированием и фосфорилированием. В то время как геном определяется последовательностью нуклеотидов, протеом не сводится к сумме последовательностей аминокислот. Протеом включает в себя также пространственные структуры всех содержащихся в нём белков и функционального взаимодействия между ними. В таблице 3 приведена характеристика бактериального протеома исследованных нами арктических палеобактерий в зависимости от глубинных их залегания и приведено уравнение тренда бактериального протеома.

Выявлено, что с увеличением глубины залегания происходит увеличение гипотетических белков ( $y = 9,12x + 50,537$ ) с высоким коэффициентом аппроксимации ( $R^2 = 0,9615$ ) и консервативных гипотетических белков ( $y = 1,695x + 3,89$  при  $R^2 = 0,2837$ ). При этом, уменьшается количество известных и неохарактеризованных белков ( $y = -7,145x + 19,053$  при  $R^2 = 0,75$  и  $y = -4,51x + 19,17$  при  $R^2 = 0,8912$  соответственно). Секвенирование нескольких геномов привело к многочисленным предсказанным открытым рамкам считывания, функции которых не могут быть легко описаны. Эти белки составляют от 20 % до 40 % белков, кодируемых в каждом вновь секвенированном геноме. В зависимости от глубины залегания МО, они обнаруживаются в  $60,71 \pm 9,23$  % на глубине до 10 м, в  $66,67 \pm 9,62$  % и  $78,95 \pm 9,35$  % соответственно на глубине 10-20 м и более 20 м.

Таблица 3  
Характеристика бактериального протеома в зависимости от глубинных их залегания

Белки	Глубина						Уравнение тренда
	≤ 10 метров		10-20 метров		≥ 20 метров		
	Название	Max ident %	Название	Max ident %	Название	Max ident, %	
Известные белки	Pseudomonas protegens Cab57	100	Нет данных		Нет данных		$y = -7,145x + 19,053$ $R^2 = 0,75$
	Pseudomonas putida H8234	100					
	Pseudomonas sp. StFLB209	100					
	Streptococcus agalactiae SS1219	95,2					
Гипотетические белки	GBS1173_1869 [Streptococcus agalactiae CF01173]	95,2	A8B94_11145 [Bordetella pertussis]	97,0	HMPREF9956_0184, partial [Staphylococcus epidermidis 14.1.R1.SE]	97,4	$y = 9,12x + 50,537$ $R^2 = 0,9615$
	HMPREF0018_00966 [Acinetobacter radioresistens SH164]	98,4	BN2127_JRS5_00115 [Bacillus amyloliquefaciens]	98,8	ESRG_04564, partial [Escherichia coli TA124]	100	
	HMPREF0016_03325 [Acinetobacter johnsonii SH046]	100	ESRG_04564, partial [Escherichia coli TA124]	100	SACIG1750_2966, partial [Staphylococcus aureus subsp. aureus CIG1750]	97,7	
	HMPREF0797_0042, partial [Staphylococcus epidermidis SK135]	97,3	A15Q_04546, partial [Escherichia coli KTE208]	100	SACIG2018_2620 [Staphylococcus aureus subsp. aureus CIG2018]	96,9	
	HMPREF9956_0184, partial [Staphylococcus epidermidis 14.1.R1.SE]	97,3	J8TS2_43150 [Lederbergia ruris]	95,2	SACIG149_2552, partial [Staphylococcus aureus subsp. aureus CIG149]	96,55	
	SACIG1750_2966, partial [Staphylococcus aureus subsp. aureus CIG1750]	96,8	AM233_11935 [Bacillus sp. FJAT-22058]	100	Newbould305_2752 [Staphylococcus aureus subsp. aureus str. Newbould 305]	96,63	

Продолжение таблицы 3

SACIG2018_2620 [Staphylococcus aureus subsp. aureus CIG2018]	96,9	hypothetical protein [Bacillus velezensis]	100	A15Q_04546, partial [Escherichia coli KTE208]	100
IIA_000166 [Pseudomonas fluorescens R124]	100	B7R53_16185 [Serratia marcescens]	98,5	T646_09235 [Staphylococcus aureus MRSN 8611]	97,3 7
J8TS2_43150 [Lederbergia ruris]	95,2	EAWG_05395, partial [Escherichia coli TA008]	100	B7R53_16185 [Serratia marcescens]	98,5 1
Lal_00011151 [Lupinus albus]	100	BMR85_025735 [Achromobacter sp. KAs 3-5]	100	EAWG_05395, partial [Escherichia coli TA008]	100
T646_09235 [Staphylococcus aureus MRSN 8611]	96,7	BSP2_43510 [Bacillus subtilis subsp. subtilis]	98,8	C5K27_02655 [Shigella flexneri]	97,8
XD38_0013 [Pseudomonas sp. 63_8]	96,9	BSP2_41070 [Bacillus subtilis subsp. subtilis]	98,8	DC030_14805, partial [Enterococcus faecalis]	97,6 7
hypothetical protein [Pseudomonas sp. S37]	100	C5K27_02655 [Shigella flexneri]	97,8	D0437_32530 [Bacillus cereus]	97,7 5
DC428_26470 [Priestia megaterium]	100	DC030_14805, partial [Enterococcus faecalis]	97,7	CRG96_26000 [Escherichia sp. E4930]	100
D0437_32530 [Bacillus cereus]	97,3	DC428_26470 [Priestia megaterium]	100	CRU79_25185 [Escherichia sp. E4385]	98,5 1
ALP29_01009 [Pseudomonas syringae pv. avii]	100	CRG96_26000 [Escherichia sp. E4930]	100	HMPREF0797_ 0042, partial [Staphylococcus epidermidis SK135]	97,3
CFBP4215_00697 [Pseudomonas syringae pv. syringae]	100	CRU79_25185 [Escherichia sp. E4385]	98,5		
PPRCHA0_0124 [Pseudomonas protegens CHA0]	100				

Продолжение таблицы 3

Консервативные гипотетические белки	Conserved hypothetical protein [Pseudomonas xanthomarina]	96,9	Conserved hypothetical protein [Pseudomonas xanthomarina]	96,9	conserved hypothetical protein [Staphylococcus aureus A9719]	96,88	$y = 1,695x + 3,89$ $R^2 = 0,2837$
	Conserved hypothetical protein [Staphylococcus hominis subsp. hominis C80]	97,3	Conserved hypothetical protein [Staphylococcus hominis subsp. hominis C80]	97,3	conserved hypothetical protein [Staphylococcus hominis subsp. hominis C80]	96,2	
Неохарактеризованные белки	ALO91_04145 [Pseudomonas syringae pv. aceris]	100	uncharacterized protein SAMD00023378_0001 [Ralstonia sp. NT80]	96,92	unnamed protein product, partial [Onchocerca ochengi]	100	$y = -4,51x + 19,17$ $R^2 = 0,8912$
	ALO56_04150, partial [Pseudomonas viridiflava]	100	Uncharacterised protein [Bacillus subtilis]	97,1			
	Uncharacterised protein [Streptococcus pneumoniae]	96,9	unnamed protein product, partial [Onchocerca ochengi]	100			
	Unnamed protein product, partial [Onchocerca ochengi]	100					
Прочие белки	Нет данных		ORF16-lacZ fusion protein [Salmonella enterica subsp. enterica serovar Choleraesuis str. SC-B67]	97,8	identified by metageneannotator [Pragia fontium]	98,41	$y = 2,63x + 2,0467$ $R^2 = 0,0954$
			putative oRF16-lacZ fusion protein [Bacillus licheniformis]	97,6			
			identified by metageneannotator [Pragia fontium]	98,4			
			16S ribosomal RNA [Cupriavidus taiwanensis]	95,4			

Даже когда имеется достаточно доказательств того, что продукт гена экспрессируется с помощью таких методов, как микроматрица и масс-спектрометрия, трудно назначить ему функцию, учитывая его отсутствие

идентичности с последовательностями белков с аннотированной биохимической функцией. Функцию гипотетического белка можно предсказать путем поиска гомологии доменов с различными уровнями достоверности.

В гипотетических белках доступны консервативные домены, которые необходимо сравнить с доменами известных семейств, по которым гипотетический протеин может быть отнесен к определенным семействам протеинов, даже если они не были исследованы *in vivo*. Функцию гипотетического белка можно также спрогнозировать с помощью моделирования гомологии его с известной последовательностью белка, трехмерная структура которой известна. Прогнозирование структуры с оценкой биохимической функции путем скрининга различных субстратов – еще один многообещающий подход к аннотированию функции.

«Консервированные гипотетические» белки в зависимости от глубины залегания арктические палеобактерии обнаруживаются в  $7,14 \pm 4,87$  % на глубине до 10 м, в  $4,17 \pm 4,08$  % и  $10,53 \pm 7,04$  % соответственно на глубине 10–20 м и более 20 м представляют собой проблему не только для функциональной геномики, но и для биологии в целом.

Пока существуют сотни консервативных белков с неизвестной функцией в модельных организмах, таких как *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* или *Saccharomyces cerevisiae*, любое обсуждение «полного» понимания этих биологических систем останется желаемым. Подходы *In silico* демонстрируют большие перспективы в отношении попыток, которые позволят оценить роль этих гипотетических белков. Среди большинства геномных белков две трети у одноклеточных организмов и более 80 % у многоклеточных являются многодоменными белками, созданными в результате событий дубликации генов. Характеристика гипотетических последовательностей может помочь в лучшем понимании этих микробных систем. Таким образом, это исследование многодоменных гипотетических белков может оказаться решающим с двух сторон, а именно, для понимания механизма поглощения питательных веществ, содержащих ароматические кольцевые структуры, и, следовательно, для обеспечения возможности синтеза этих белков для эффективной деградации вредных ксенобиотиков.

Рассмотрены некоторые гены, кодирующие выбранные B-SM, осуществляющие биоконтроль и/или регуляцию роста растений. Так ACC (1-аминоциклопропан-1-карбоновая кислота) – это небелковая аминокислота, которая является основной молекулой биосинтеза этилена и выступает в качестве метаболита-предшественника для производства этилена [56]. В то время как этилен является основным гормоном растений, который регулирует широкий спектр вегетативных и эволюционных процессов. Стимуляция этого ACC кодируется геном *AcdS*. ACC-деаминаза (1-аминоциклопропан-1-карбоксилат деаминаза) является индуктивным ферментом, и ее действие активируется в присутствии ее субстрата ACC [22]. Экспрессия этого гена *AcdS* регулируется белками LRP и другими регуляторными генами, такими как *AcdB* и *LysR*, в аэробных и анаэробных условиях [57].

Ген *ipdC* отвечает за регуляцию производства IAA (индолуксусной кислоты) у бактерий по пути, известному как *IPyA*. Ген *ipdC* регулирует один из наиболее значимых растительных гормонов класса ауксинов. IAA является производным индола, имеющим карбоксиметильный заместитель. Это важный фитогормон, регулирующий рост и экспансию, т.е. деление клеток, удлинение, реакцию и т.д., при этом корни растений наиболее чувствительны к изменениям уровня IAA.

Сидерофоры – это ион-хелатирующие малые молекулы, производимые микробами, чаще всего бактериями, которые помогают организмам накапливать железо. Для биосинтеза сидерофоров необходимы три гена, которые обозначаются как *asbD* (кодирующий многодоменную нерибосомальную пептидную синтетазу), *asbC* (кодирующий предсказанную гистаминовую монооксигеназу) и *asbG* (кодирующий гистидиндекарбоксилазу). Следовательно, эти три белка вместе обеспечивают поглощение железа в условиях дефицита железа [58]. Однако, наряду с этими, существует множество метаболитов, работающих в борьбе со стрессом растений, но их гены и пути все еще находятся в стадии исследования.

## **5. ПРИМЕНЕНИЕ B-SMs В УПРАВЛЕНИИ БИОТИЧЕСКИМ СТРЕССОМ**

Уменьшающаяся рыхлость почвы и недостаточное производство сельскохозяйственных культур вызвали серьезные опасения по поводу безопасности питательных веществ для постоянно увеличивающегося населения [59]. Растущая устойчивость микробов к антибиотикам превратилась в серьезную глобальную проблему. Для борьбы с инфекциями, вызванными патогенами, обладающими множественной лекарственной устойчивостью, включая грибы, бактерии, вирусы и водоросли [20], необходимы терапевтические средства на основе инновационных биохимических платформ и/или механизмов действия, и для преодоления этого спроса на натуральные продукты питания для здорового образа жизни B-SMs оказались отличным источником для улучшения здоровья растений путем обеспечения различных полезных действий, таких как противогрибковые [60], противовирусные [61–65], антибактериальные [66–68], ведицидные [69], инсектицидные [70, 71], регулируют рост растений [14, 72–78] и обладают иммуномодулирующей активностью [10, 79–84].

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В этом обзоре мы сосредоточились на биотическом стрессе, ответственном за многочисленные болезни растений, которые можно контролировать с помощью определенных арктических палеобактерий и их B-SMs, которые провоцируют защиту растений и средства биоконтроля, с их предстоящим использованием в более устойчивом сельском хозяйстве. Новая эра открытий B-SMs арктических палеобактерий представляют интерес как с точки зрения их биотехнологических и экологических качеств, так и с точки зрения их перспективности, направленной на практику в медицине и биотехнологии. Химические соединения природных B-SMs более сложны, так как содержат множество вращающихся связей, стереоцентров, акцепторов и доноров протонов. Оптимизация конкретного метаболита в рабочую форму является дорогостоящей и длительной из-за его токсикологических и



клинических испытаний. Несмотря на эти усилия, лишь ничтожная часть современного разнообразия B-SMs была изучена или подвергнута биоанализу. Чтобы преодолеть эту уязвимость, использование комбинированного метода исследования, включающий как традиционный способ лабораторного выделения, так и новаторский подход с использованием инструментов протеомики в сочетании с биоинформатикой, может стать ключом к поиску новых биологически активных соединений.

Возникает закономерный вопрос: почему именно в дисперсных обводненных породах, перешедших в мерзлое состояние, высока концентрация МО (более 30 % протестированных нами), способных повышать адаптационный потенциал представителей современных экосистем? МО поверхностных слоев почвы Арктики в большей степени испытывают экологическую нагрузку, в том числе температурную (от +25 °С до –60 °С). Объяснение этому мы видим в следующем: подавляющая часть МО почвы – это деструкторы с высокой скоростью метаболизма, способные разлагать вещества, накапливать химические элементы и вовлекать их в новые геохимические циклы. Для мерзлых пород помимо стабильно отрицательных температур характерны значимое ограничение питательных веществ и свободной воды, относительная изолированность колоний МО, особый физико-химический режим, повышенный радиационный фон и многие другие особенности. В данных условиях селекция МО могла идти по пути сохранения видов с оригинальными механизмами репарации поврежденных структур, обмена энергией и генетической информацией. Известно, что скорость эволюции прямо отражает эффективность и ошибочность процессов репарации поврежденных структур. Логично предположить, что реликтовые МО в экосистемах криолитозоны, прошедшие жесткий эволюционный отбор, обладают особыми механизмами репарации, которые можно перенести на современные живые системы.

Ведь репарация имеет общебиологическое значение, где совокупность процессов, посредством которых клетка идентифицирует и исправляет повреждения молекул ДНК, кодирующих ее геном, универсальны, с помощью одних и тех же механизмов устраняются повреждения различной природы. Подобная система резервирования в подземных кладовых микробиоты «вечного» возраста в миллионы, а возможно, и десятки миллионов лет (!) на протяжении древних и современных геологических эпох необходима для сохранения жизни даже после крупнейших катастроф планетарного масштаба.

Археологические исследования показывают, что ледниковые эпохи и межледниковья – периоды резкого и масштабного изменения биоты. Пульсирующая эволюция способствует селекции видов организмов с оригинальной сопротивляемостью переменам в очень широком масштабе параметров условий окружающей среды. Смена ледниковых и межледниковых периодов с избытками тепла или холода могла модулировать жизненно важные факторы живых существ, определяя их современный образ. В этой связи может возникнуть новое направление исследований сообществ микроорганизмов, их свойств, условий возникновения, биологической активности и других особенностей в зависимости от местообитания в холодных регионах планеты (глубина залегания, широта и

долгота). То есть речь идет о нордическом детерминизме (как части географического) в бактериальном микромире.

При этом криолитозону можно рассматривать как природную кладовую эволюционно ценных форм жизни, а палеобактерии – как бесценный биологический ресурс Арктики и носителей оригинальной генетической информации.

### Список литературы

1. Blaud A. Arctic soil microbial diversity in a changing world / A. Blaud, T.Z. Lerch, G.K. Phoenix, A. M. Osborn // *Res Microbiol.* – 2015. – Vol. 166, No 10. – P. 796–813.
2. Wilhelm R. C. Microbial diversity of active layer and permafrost in an acidic wetland from the Canadian High Arctic / R. C. Wilhelm, T. D. Niederberger, C. Greer, L. G. Whyte // *Can. J. Microbiol.* – 2011. – Vol. 7, No 4. – P. 303–315.
3. Мельников В. П. Распределение микроорганизмов в мерзлых грунтах / В. П. Мельников, В. В. Рогов, А. Н. Курчатова [и др.] // *Криосфера Земли.* – 2011. – Т. 15, № 4. – С. 86–90.
4. Доманская О. В. Некоторые особенности ферментативной активности различных штаммов рода *Bacillus*, выделенных из мерзлых отложений / О. В. Доманская, В. П. Мельников, Л. В. Огурцова [и др.] // *Криосфера Земли.* – 2017. – Т. 21, № 5. – С. 63–71.
5. Едидин Г. М. Филогенетический анализ микроорганизмов из мерзлых грунтов / Г. М. Едидин, А. В. Брушков, С. Г. Игнатов // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология.* – 2016. – Т. 4, № 5. – С. 92–95.
6. Шатилович А. В. Жизнеспособные простейшие в вечной мерзлоте Арктики / А. В. Шатилович, Л. А. Шмакова, С. В. Губин, Д. А. Гиличинский // *Криосфера Земли.* – 2010. – Т. 14, № 2. – С. 69–78.
7. Brouchkov A. Permafrost Bacteria in Biotechnology: Biomedical Applications / A. Brouchkov, V. Melnikov, L. Kalenova [et al.] // *Psychrophiles: From Biodiversity to Biotechnology* / R. Margesin (ed.). [S. l.]: Springer, 2017. – P. 541–555.
8. Bérdy J. Bioactive microbial metabolites / Bérdy J. // *J. Antibiot.* – 2005. – Vol. 58, No 1. – P. 1–26.
9. Pathma J. Secondary metabolite production by bacterial antagonists / J. Pathma, G. Rahul, K.R. Kamaraj [et al.] // *J. Biol. Control.* – 2011. – Vol. 25, No 3. – P. 165–181.
10. Vaishnav P. Unexpected applications of secondary metabolites / P. Vaishnav, A. L. Demain // *Biotechnol. Adv.* – 2011. – Vol. 29, No 2. – P. 223–229.
11. Keswani C. Auxins of microbial origin and their use in agriculture / C. Keswani, S. P. Singh, L. Cueto [et al.] // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2020. – Vol. 104, No 20. – P. 8549–8565.
12. Khan M. T. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants / M. T. Khan, F. Mohammad // *Biol. Med.* – 2011. – Vol. 3, No 2. – P. 232–249.
13. Keswani C. Formulation technology of biocontrol agents: Present status and future prospects / C. Keswani, K. Bisen, V. Singh [et al.] // *Bioformul. Sustain. Agric.* – 2016. – P. 35–52.
14. Ruparelia R. J. Articulating beneficial rhizobacteria mediated plant defenses through induced systemic resistance / R. J. Ruparelia, C. K. Jha, R. Z. Sayyed // *Pedosphere.* – 2022.
15. Keswani C. Antimicrobial secondary metabolites from agriculturally important bacteria as next-generation pesticides / C. Keswani, H. B. Singh, C. García-Estrada. // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 104, No 3. – P. 1013–1034.
16. Keswani C. Antimicrobial secondary metabolites from agriculturally important fungi as next biocontrol agents / C. Keswani, H. B. Singh, R. Hermosa [et al.] // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 103, No 23. – P. 9287–9303.
17. Sansinenea E. Secondary metabolites of soil *Bacillus* spp. / E. Sansinenea, A. Ortiz // *Biotechnol. Lett.* – 2011. – Vol. 33, No 8. – P. 1523–1538.
18. Saritha M. B. Sierra Arbuscular mycorrhizal fungal association boosted the arsenic resistance in crops with special responsiveness to rice plant / M. B. Saritha, E. Janeeshma, P. Gusain [et al.] // *Environ. Exp. Bot.* – 2022. – Vol. 193. – Article 104681.
19. Sansinenea E. *Bacillus* spp.: as plant growth-promoting bacteria / Sansinenea E. // *Second. Metab. Plant Growth Promot. Rhizomicroorg. Discov.* – 2019. – Appl., 225–237.

20. Jakubiec-Krzesniak K. Secondary metabolites of actinomycetes and their antibacterial, antifungal and antiviral properties / K. Jakubiec-Krzesniak, A. Rajnisz-Mateusiak, A. Guspil [et al.] // *Pol. J. Microbiol.* – 2018. – Vol. 67, No 3. – P. 259–272.
21. Chater K. F. Recent advances in understanding *Streptomyces* / Chater K. F. // *Research.* – 2016. – Vol. 5.
22. Singh R.P. Biochemistry and genetics of ACC deaminase: a weapon to “stress ethylene” produced in plants / R. P. Singh, G. M. Shelke, A. Kumar, P. N. Jha // *Front. Microbiol.* – 2015. – Vol. 6. – P. 937.
23. Apridiana I. The culture medium optimization of *Serratia plymuthica* UBCF\_13 to produce antifungal compounds / I. Apridiana, S. Aisyah, M. Oktavioni [et al.] // *Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* – 2021. – Vol. 741. – 012062.
24. Ruparelia J. Isolation methods for evaluation of extremophilic microbial diversity from antarctica region / J. Ruparelia, A. Rabari, N. Joshi, C. K. Jha // *Microb. Divers. Hotspots.* – 2022. – P. 267–289.
25. Salla T.D. *Streptomyces* rhizobacteria modulate the secondary metabolism of Eucalyptus plants / T. D. Salla, T. R. Silva, L. V. Astarita, E. R. Santarém // *Plant Physiol. Biochem.* – 2014. – Vol. 85. – P. 14–20.
26. Aggarwal N. Sharma Role of secondary metabolites of actinomycetes in crop protection / N. Aggarwal, S. Thind // *Plant Growth Promoting Actinobacteria*, Springer, 2016. – P. 99–121.
27. Velázquez-Becerra C. The rhizobacterium *Arthrobacter agilis* produces dimethylhexadecylamine, a compound that inhibits growth of phytopathogenic fungi in vitro / C. Velázquez-Becerra, L. I. Macías-Rodríguez, J. López-Bucio [et al.] // *Protoplasma.* – 2013. – Vol. 250, No 6. – P. 1251–1262.
28. Abdallah R. A. B. Isolation of endophytic bacteria from *Withania somnifera* and assessment of their ability to suppress *Fusarium* wilt disease in tomato and to promote plant growth / R. A. B. Abdallah, B. Mejdoub-Trabelsi, A. Nefzi [et al.] // *J. Plant Pathol. Microbiol.* – 2016. – Vol. 7, No 5.
29. Torres M. J. Antagonistic effects of *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* and *B. amyloliquefaciens* against *Macrophomina phaseolina*: SEM study of fungal changes and UV-MALDI-TOF MS analysis of their bioactive compounds / M. J. Torres, C. P. Brandan, G. Petroselli [et al.] // *Microbiol. Res.* – 2016. – Vol. 182. – P. 31–39.
30. Mahmoud O. M. B. Auxin and proline producing rhizobacteria mitigate salt-induced growth inhibition of barley plants by enhancing water and nutrient status / O. M. B. Mahmoud, R. Hidri, O. Talbi-Zribi [et al.] // *S. Afr. J. Bot.* – 2020. – Vol. 128. – P. 209–217.
31. Hong B. Influence of salinity variations on exocellular polysaccharide production, biofilm formation and flocculation in halotolerant bacteria / B. Hong, M. Joe, G. Selvakumar [et al.] // *J. Environ. Biol.* – 2017. – Vol. 38, No 4. – P. 657.
32. Karnwal Screening of plant growth-promoting rhizobacteria from maize (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum*) // *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.* – 2012. – Vol. 12, No 3. – P. 6170–6185.
33. Li H. Control of tomato yellow leaf curl virus disease by *Enterobacter asburiae* BQ9 as a result of priming plant resistance in tomatoes / H. Li, X. Ding, C. Wang [et al.] // *Turk. J. Biol.* – 2016. – Vol. 40, No 1. – P. 150–159.
34. Bharti N. Plant growth promoting rhizobacteria alleviate salinity induced negative effects on growth, oil content and physiological status in *Mentha arvensis* / N. Bharti, D. Barnawal, A. Awasthi [et al.] // *Acta Physiol. Plant.* – 2014. – Vol. 36, No 1. – P. 45–60.
35. Qurashi A.W. Bacterial exopolysaccharide and biofilm formation stimulate chickpea growth and soil aggregation under salt stress / A. W. Qurashi, A. N. Sabri // *Braz. J. Microbiol.* – 2012. – Vol. 43. – P. 1183–1191.
36. Velmurugan S. Screening and characterization of antimicrobial secondary metabolites from *Halomonas salifodinae* MPM-TC and its in vivo antiviral influence on Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus* against WSSV challenge / S. Velmurugan, K. Raman, V. T. Viji [et al.] // *J. King Saud Univ. Sci.* – 2013. – Vol. 25, No 3. – P. 181–190.
37. Marasco R. *Salicornia strobilacea* (synonym of *Halocnemum strobilaceum*) grown under different tidal regimes selects rhizosphere bacteria capable of promoting plant growth / R. Marasco, F. Mapelli, E. Rolli [et al.] // *Front. Microbiol.* – 2016. – Vol. 7. – P. 1286.
38. Orhan F. Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (*Triticum aestivum*) / Orhan F. // *Braz. J. Microbiol.* – 2016. – Vol. 47. – P. 621–627.

39. Orozco-Mosqueda M. The production of ACC deaminase and trehalose by the plant growth promoting bacterium *Pseudomonas* sp. UW4 synergistically protect tomato plants against salt stress / M. Orozco-Mosqueda, J. Duan, M. DiBernardo [et al.] // *Front. Microbiol.* – 2019. – Vol. 10. – P. 1392.
40. Tewari S. Role of salicylic acid from *Pseudomonas aeruginosa* PF23 EPS+ in growth promotion of sunflower in saline soils infested with phytopathogen *Macrophomina phaseolina* / S. Tewari, N. K. Arora // *Environ. Sustain.* – 2018. – Vol. 1, No 1. – P. 49–59.
41. Alijani Z. Antifungal activity of serratia rubidaea Mar61-01 purified prodigiosin against colletotrichum nymphaeae, the causal agent of strawberry anthracnose / Z. Alijani, J. Amini, M. Ashengroph, B. Bahramnejad // *J. Plant Growth Regul.* – 2021.
42. Kamou N. N. Investigating the compatibility of the biocontrol agent *Clonostachys rosea* IK726 with prodigiosin-producing *Serratia rubidaea* S55 and phenazine-producing *Pseudomonas chlororaphis* ToZa7 / N. N. Kamou, M. Dubey, G. Tzelepis [et al.] // *Arch. Microbiol.* – 2016. – Vol. 198, No 4. – P. 369–377.
43. Jaddoa H. H. Mohammed Analysis of volatile metabolites released by *Staphylococcus aureus* using gas chromatography-Mass spectrometry and determination of its antifungal activity Orient / H. H. Jaddoa, I. H. Hameed // *J. Chem.* – 2016. – Vol. 32, No 4. – P. 8–24.
44. Popp P. F. Coordinated Cell Death in Isogenic Bacterial Populations: Sacrificing Some for the Benefit of Many? / P. F. Popp, T. Mascher // *Journal of Molecular Biolog.* – 2019. – Vol. 431, No 23. – P. 4656–4669.
45. Newman D. J. Natural products as sources of new drugs from 1981 to 2014 / D. J. Newman, G. M. Cragg // *J. Nat. Prod.* – 2016. – Vol. 79, No 3. – P. 629–661.
46. Sharrar A. M. Bacterial secondary metabolite biosynthetic potential in soil varies with phylum, depth, and vegetation type / A. M. Sharrar, A. Crits-Christoph, R. Méheust [et al.] // *mBio.* – 2020. – Vol. 11, No 3. – e00416-e00420.
47. Müller S. Bacillaene and Sporulation Protect *Bacillus Subtilis* from Predation by *Mycococcus Xanthus* / S. Müller, S. N. Strack, B. C. Hoeffler [et al.] // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2014. – Vol. 80, No 18. – P. 5603.
48. Смирнова Т. А. Электронномикроскопическое исследование поверхности спор бацилл / Т. А. Смирнова, М. В. Зубашева, Н. В. Шевлягина [и др.] // *Микробиология.* – 2013. – Том 82, № 6. – С. 698–706.
49. May J. J. The Dhb operon of *Bacillus subtilis* encodes the biosynthetic template for the catecholic siderophore 2,3-dihydroxybenzoate-glycine-threonine trimeric ester bacillibactin / J. J. May, T. M. Wendrich, M. A. Marahiel // *J. Biol. Chem.* – 2001. – Vol. 276, No 10. – P. 7209–7217.
50. Koumoutsi A. Structural and functional characterization of gene clusters directing nonribosomal synthesis of bioactive cyclic lipopeptides in *Bacillus amyloliquefaciens* strain FZB42 / A. Koumoutsi, X. H. Chen, A. Henne [et al.] // *J. Bacteriol.* – 2004. – Vol. 186, No 4. – P. 1084–1096.
51. Lin T. P. Functional and transcriptional analyses of a fengycin synthetase gene, FenC, from *Bacillus subtilis* / T. P. Lin, C. L. Chen, LiK Chang [et al.] // *J. Bacteriol.* – 1999. – Vol. 181, No 16. – P. 5060.
52. Tsuge K. The genes DegQ, Pps, and Lpa-8 (Sfp) are responsible for conversion of *Bacillus subtilis* 168 to plipastatin production / K. Tsuge, T. Ano, M. Hirai [et al.] // *Antimicrob. Agents Chemother.* – 1999. – Vol. 43, No 9. – P. 2183–2192.
53. Bóka B. Genome analysis of a *Bacillus subtilis* strain reveals genetic mutations determining biocontrol properties / B. Bóka, L. Manczinger, S. Kocsubé [et al.] // *World J. Microbiol. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 35, No 3. – P. 1–14.
54. Lamont I. L. Identification and characterization of novel pyoverdine synthesis genes in *Pseudomonas aeruginosa* / I. L. Lamont, L. W. Martin // *Microbiology.* 2003. – Vol. 149, No 4. – P. 833–842.
55. Mercado-Blanco J. Analysis of the PmsCEAB Gene Cluster involved in biosynthesis of salicylic acid and the siderophore pseudomonine in the biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* WCS374 / J. Mercado-Blanco, K. M. G. M. Drift, P. E. Olsson [et al.] // *J. Bacteriol.* – 2001. – Vol. 183, No 6. – P. 1909–1920.
56. DeLong J. P. Shifts in metabolic scaling, production, and efficiency across major evolutionary transitions of life / J. P. DeLong, J. G. Okie, M. E. Moses [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* – 2010. – Vol. 107. – P. 12941–12945.
57. Khan M. Y. Preliminary investigations on selection of synergistic halotolerant plant growth promoting rhizobacteria for inducing salinity tolerance in wheat / M. Y. Khan, Z. A. Zahir, H. N. Asghar, E. A. Waraich // *Pak. J. Bot.* – 2017. – Vol. 49, No 4. – P. 1541–1551.

58. Najimi M. Identification of siderophore biosynthesis genes essential for growth of *Aeromonas salmonicida* under iron limitation conditions / M. Najimi, M. L. Lemos, C. R. Osorio // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2008. – Vol. 74, No 8. – P. 2341–2348.
59. Sunita K. Secondary metabolites from halotolerant plant growth promoting rhizobacteria for ameliorating salinity stress in plants / K. Sunita, I. Mishra, J. Mishra [et al.] // *Front. Microbiol.* – 2020. – Vol. 11. – P. 2619.
60. Demain A. L. Pharmaceutically active secondary metabolites of microorganisms / Demain A. L. // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 1999. – Vol. 52, No 4. – P. 455–463.
61. Raveh A. Discovery of potent broad spectrum antivirals derived from marine actinobacteria / A. Raveh, P. C. Delekta, C. J. Dobry [et al.] // *PLoS One.* – 2013. – Vol. 8, No 12. – e82318.
62. Chakraborty M. Natural protein kinase inhibitors, staurosporine, and chelerythrine suppress wheat blast disease caused by *magnaporthe oryzae triticum* / M. Chakraborty, S. M. Fajle Rabby, D. R. Gupta [et al.] // *Microorganisms.* – 2022. – Vol. 10, No 6. – Article 1186.
63. Ruparelia J. Screening and optimization for cellulase production by soil bacterial isolates JRC1 and JRC2 / J. Ruparelia, M. Saraf, C. K. Jha // *BBRC.* – 2020. – Vol. 13. – P. 159–164.
64. Corato U. Antifungal activity of crude extracts from brown and red seaweeds by a supercritical carbon dioxide technique against fruit postharvest fungal diseases / U. Corato, R. Salimbeni, A. Pretis [et al.] // *Postharvest Biol. Technol.* – 2017. – Vol. 131. – P. 16–30.
65. Corato U. Antifungal activity of liquid waste obtained from the detoxification of steam-exploded plant biomass against plant pathogenic fungi, / U. Corato, E. Viola, G. Arcieri [et al.] // *Crop Prot.* – 2014. Vol. 55. – P. 109–118.
66. Lazzarini A. Rare genera of actinomycetes as potential producers of new antibiotics / A. Lazzarini, L. Cavaletti, G. Toppo, F. Marinelli // *Antonie Van Leeuwenhoek.* – 2000. – Vol. 78, No 3. – P. 399–405.
67. Parekh S. Improvement of microbial strains and fermentation processes / S. Parekh, V. Vinci, R. Strobel // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2000. – Vol. 54, No 3. – P. 287–301.
68. Pinchuk I. V. In vitro anti-*Helicobacter pylori* activity of the probiotic strain *Bacillus subtilis* 3 is due to secretion of antibiotics / I. V. Pinchuk, P. Bressollier, B. Verneuil [et al.] // *Antimicrob. Agents Chemother.* – 2001. – Vol. 45, No 11. – P. 3156–3161.
69. Lawrance S. Quinoline derivatives producing *Pseudomonas aeruginosa* H6 as an efficient bioherbicide for weed management / S. Lawrance, S. Varghese, E. M. Varghese, A. K. Asok // *Biocatal. Agric. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 18. – Article 101096.
70. Liu X. Thuringiensin: a thermostable secondary metabolite from *Bacillus thuringiensis* with insecticidal activity against a wide range of insects / X. Liu, L. Ruan, D. Peng [et al.] // *Toxins.* – 2014. – Vol. 6, No 8. – P. 2229–2238.
71. Espinasse S. Correspondence of high levels of beta-exotoxin I and the presence of cry1B in *Bacillus thuringiensis* / S. Espinasse, M. Gohar, J. Chaufaux [et al.] // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2002. – Vol. 68, No 9. – P. 4182–4186.
72. Ruparelia J. Reconnoitring natural antibacterial appraisal of medicinal plants extract against human pathogen *salmonella paratyphi a* and *salmonella paratyphi B* / J. Ruparelia, A. Rabari, N. Joshi [et al.] // *Chem. Biomol. Eng.* – 2021. – Vol. 6, No 2. – P. 30–36.
73. Пат. 2722670 С1 Российская Федерация Средство стимуляции роста меристемной культуры *Solanum tuberosum* / Н. О. Ренёв, А. М. Субботин, С. А. Петров, В. А. Мальчевский – № 2019134349; заявл. 25.10.2019; опубл. 02.06.2020; Бюл. № 16.
74. Пат. 2724538 С1 Российская Федерация Средство для стимуляции роста меристемной культуры *Solanum tuberosum* / Н. О. Ренёв, А. М. Субботин, С. А. Петров, В. А. Мальчевский – № 2019134348; заявл. 25.10.2019; опубл. 23.06.2020; Бюл. № 18.
75. Пат. 2732627 С1 Российская Федерация Средство для повышения холодоустойчивости и продуктивности растений / С. А. Петров, А. М. Субботин, В. Н. Тимофеев, М. В. Нарушко – № 2019132572; заявл. 14.10.2019; опубл. 21.09.2020; Бюл. № 27. – 6 с.
76. Касторнов А. А. Влияние микроорганизмов палеоэкосистем на цитогенетический аппарат *Allium* сера / А. А. Касторнов, С. А. Петров, А. М. Субботин, В. А. Мальчевский // *Вестник Северо-Восточного Федерального университета имени М. К. Аммосова Серия «Медицинские науки»* – 2021. – № 3 (24). – С. 5–8.

77. Kastornov A. A. The influence of microorganisms of the Arctic paleoecosystems on the morphometric parameters and the cytogenetic apparatus of *Allium cepa* / A. A. Kastornov, A. M. Subbotin, S. A. Petrov // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol. 43. – 3013.
78. Касторнов А. А. Влияние микроорганизмов рода *Bacillus* из многолетнемерзлых пород на показатели зеленой части лука *Allium cepa* / А. А. Касторнов, С. А. Петров, А. М. Субботин // Мир инноваций. – 2023. – №2. – С. 22–29.
79. Darshan N. Prodigiosin and its potential applications / N. Darshan, H. K. Manonmani // J. Food Sci. Technol. – 2015. – Vol. 52, No 9. – P. 5393–5407.
80. Petrov S. A. Influence of the Microbiota of the Cryolithozone Paleoecosystems on the Behavioral Functions of the Nervous System of Chickens *Gallus gallus* / S. A. Petrov, A. M. Subbotin, A. S. Bazhin, M. V. Narushko // Bulletin of experimental biology and medicine. – 2021. – Vol. 171. No 2. – P. 234–237.
81. Kalenova L. F. Reparative and immunomodulatory potential of low-molecular-weight fraction of secondary metabolites of *Bacillus* sp. / L. F. Kalenova, S. A. Petrov, Y. G. Sukhovei // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. – 2022. – Vol. 172, No 3. – P. 332–335.
82. Kalenova L. F. Influence of Paleobacteria on the Proliferative Activity of Human Lymphocytes In Vitro / L. F. Kalenova, S. A. Petrov, A. M. Subbotin [et al.] // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. – 2023. – Vol. 174, No 6. – P. 758–761.
83. Петров С. А. Влияние микроорганизмов многолетнемерзлых пород на дифференцировку моноцитов *in vitro* / С. А. Петров, Ю. Г. Суховой, Л. Ф. Калёнова [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2023. – Т. 175, № 3. – С. 345–349.
84. Каленова Л. Ф. Дозозависимое влияние метаболитов микроорганизмов *Bacillus Sp.* из многолетнемерзлых пород на дифференцировку лимфоцитов в тимусе / Л. Ф. Каленова, С. А. Петров, А. С. Бажин // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2020. – Т. 169, № 1. – С. 74–77.

## **SECONDARY METABOLITES OF ARCTIC PALEOBACTERIA: MOLECULAR GENETIC ASPECTS, ECOLOGY AND EVOLUTION. REVIEW**

***Petrov S. A., Malchevsky V. A., Subbotin A. M., Sukhovey Yu. G.***

*Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russia  
E-mail: tumiki@yandex.ru*

In this review, we have focused on Arctic paleobacteria and their bacterial secondary metabolites (B-SMs), which are low molecular weight (<2.5 kDa) compounds that are produced by bacteria but are not directly involved in life or replication. The new era of discoveries of Arctic paleobacteria B-SMs is of interest both in terms of their biotechnological and ecological qualities, and in terms of their prospects for medical and biotechnological practice. The chemical compounds of natural B-SMs are quite complex. Optimization of specific B-SMs into a working form is costly and time consuming due to its toxicological and clinical testing. Therefore, only an insignificant part of them has been studied and subjected to bioanalysis. To overcome this vulnerability, a combined approach, including both the traditional laboratory isolation method and an innovative approach using proteomics tools combined with bioinformatics, may be the key to the search for new biologically active compounds. A natural question arises: why is it precisely in permafrost that the concentration of MOs is high (more than 30 % of those tested by us), which can increase the adaptive potential of representatives of modern

ecosystems? The MOs of the surface layers of the soil in the Arctic are more affected by environmental stress, including temperature (from +25 °C to –60 °C). We see the following explanation for this: the vast majority of soil MOs are decomposers with a high metabolic rate, capable of decomposing substances, accumulating chemical elements and involving them in new geochemical cycles. In addition to stable negative temperatures, frozen rocks are characterized by a significant limitation of nutrients and free water, the relative isolation of MO colonies, a special physical and chemical regime, an increased radiation background, and many other features. Under these conditions, the selection of MOs follows the path of preserving species with original mechanisms for repairing damaged structures, exchanging energy and genetic information. It is logical to assume that relict MOs in permafrost ecosystems that have undergone rigorous evolutionary selection have special repair mechanisms that can be used to accelerate repair processes in modern living systems. The reservation system in the underground pantries of microbiota of “eternal” age of millions, and possibly tens of millions of years (!) during ancient and modern geological epochs is necessary to preserve life even after the largest catastrophes on a planetary scale. In this regard, a new direction of research into MO communities, their B-SMs, conditions of occurrence, biological activity, and other features depending on the habitat in the cold regions of the planet (depth, latitude, and longitude) may arise. That is, we are talking about Nordic determinism (as part of the geographical) in the bacterial microcosm. Thus, the cryolithozone can be considered as a natural storehouse of evolutionarily valuable life forms, and paleobacteria as an invaluable biological resource of the Arctic and carriers of original genetic information.

**Keywords:** bacterial secondary metabolites (B-SMs), arctic paleobacteria, plant disease stress management, biocontrol, plant health, PGPR, phytopathogens.

#### References

1. Blaud A., Lerch T.Z., Phoenix G.K. and Osborn A.M., Arctic soil microbial diversity in a changing world, *Res Microbiol.* **166(10)**, 796 (2015).
2. Wilhelm R.C., Niederberger T.D., Greer C. and Whyte L.G., Microbial diversity of active layer and permafrost in an acidic wetland from the Canadian High Arctic, *Can. J. Microbiol.*, **57(4)**, 303 (2011).
3. Melnikov V.P., Rogov V.V., Kurchatova A.N. et al., Distribution of microorganisms in frozen soils, *Cryosphere of the Earth.*, **15(4)**, 86 (2011).
4. Domanskaya O.V. Melnikov V.P., Ogurtsova L.V. et al., Some features of the enzymatic activity of various strains of the genus *Bacillus* isolated from frozen sediments, *Cryosphere of the Earth.*, **21(5)**, 63 (2017).
5. Edidin G.M., Brushkov A.V. and Ignatov S.G., Phylogenetic analysis of microorganisms from frozen soils, *Vestn. Moscow un-ta. Ser. 4. Geology.*, **4(5)**, 92 (2016).
6. Shatilovich A.V., Shmakova L.A., Gubin S.V. and Gilichinsky D.A., Viable protozoa in the permafrost of the Arctic, *Cryosphere of the Earth*, **14(2)**, 69 (2010).
7. Brouchkov A., Melnikov V., Kalenova L. et al., Permafrost Bacteria in Biotechnology: Biomedical Applications, *Psychrophiles: From Biodiversity to Biotechnology / R. Margesin (ed.). [S. l.]: Springer*, 541 (2017).
8. Bérdy J., Bioactive microbial metabolites, *J. Antibiot.*, **58 (1)**, 1 (2005).
9. Pathma J., Rahul G., Kamaraj K. R, Subashri R. and Sakthivel N., Secondary metabolite production by bacterial antagonists, *J. Biol. Control*, **25 (3)**, 165 (2011).
10. Vaishnav P., Demain A. L. Unexpected applications of secondary metabolites, *Biotechnol. Adv.*, **29 (2)**, 223 (2011).

11. Keswani C., Singh S. P., Cueto L., García-Estrada C., Mezaache-Aichour S., Glare T.R., Borriss R., Singh S. P., Blázquez MAol. and Sansinenea E. Auxins of microbial origin and their use in agriculture, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **104** (20), 8549 (2020).
12. Khan M.T., Mohammad F., Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants, *Biol. Med.*, **3**(2), 232 (2011).
13. Keswani C., Bisen K., Singh V., Sarma B.K and Singh H. B., Formulation technology of biocontrol agents: Present status and future prospects, *Bioformul. Sustain. Agric.* 35 (2016).
14. Ruparelia R. J., Jha C. K., Sayyed R. Z., Mitra D., Priyadarshini A., Senapati A., Panneerselvam P., and Mohapatra P.K., Articulating beneficial rhizobacteria mediated plant defenses through induced systemic resistance, *Pedosphere*, (2022).
15. Keswani C., Singh H. B., García-Estrada C., Caradus J., He Y. W., Mezaache-Aichour S., Glare T. R., Borriss R. and Sansinenea E., Antimicrobial secondary metabolites from agriculturally important bacteria as next-generation pesticides, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **104** (3), 1013 (2019).
16. Keswani C., Singh H. B., Hermosa R., García-Estrada C., Caradus J., He Y.W., Mezaache-Aichour S., Glare T.R., Borriss R., Vinale F. and Sansinenea E., Antimicrobial secondary metabolites from agriculturally important fungi as next biocontrol agents, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **103** (23), 9287 (2019).
17. Sansinenea E., Ortiz A. Secondary metabolites of soil Bacillus spp., *Biotechnol. Lett.*, **33** (8), 1523, (2011).
18. Saritha M. B., Janeesha E., Gusain P., Khoshru B., Abo Nouh F. A., Rani A., Olatunbosun A. N., Ruparelia J., Rabari A., Mosquera-Sánchez L.P., Mondal R., Verma D., Panneerselvam P., Mohapatra P.K. and Guerra B.E., Sierra Arbuscular mycorrhizal fungal association boosted the arsenic resistance in crops with special responsiveness to rice plant, *Environ. Exp. Bot.*, **193**, Article 104681 (2022).
19. Sansinenea E., Bacillus spp.: as plant growth-promoting bacteria Second. Metab. Plant Growth Promo. Rhizomicroorg. Discov. Appl., 225 (2019).
20. Jakubiec-Krzesniak K., Rajnisz-Mateusiak A., Guspel A., Ziemska J. an Solecka J., Secondary metabolites of actinomycetes and their antibacterial, antifungal and antiviral properties, *Pol. J. Microbiol.*, **67** (3), 259-272 (2018).
21. Chater K. F., Recent advances in understanding Streptomyces, *Research*, **5**, (2016).
22. Singh R. P., Shelke G.M., Kumar A. and Jha P. N., Biochemistry and genetics of ACC deaminase: a weapon to “stress ethylene” produced in plants, *Front. microbiol.*, **6**, 937 (2015).
23. Apridiana I., Aisyah S., Oktavioni M., Fatiah R. and Hourssari J., The cultural medium optimization of serratia plymuthica UBCF\_13 to produce antifungal compounds, *Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **741**, 012062 (2021).
24. Ruparelia J., Rabari A., Joshi N. and Jha C. K., Isolation methods for evaluation of extremophilic microbial diversity from the antarctica region, *Microb. Divers. Hotspots*, 267 (2022).
25. Salla T. D., Silva T. R., Astarita L. V. and Santarém E. R., Streptomyces rhizobacteria modulate the secondary metabolism of Eucalyptus plants, *Plant Physiol. Biochem.*, **85**, 14 (2014).
26. Aggarwal N., Thind S., Sharma Role of secondary metabolites of actinomycetes in crop protection, *Plant Growth Promoting Actinobacteria*, Springer, 99 (2016).
27. Velázquez-Becerra C., Macías-Rodríguez L.I., López-Bucio J., Flores-Cortez I., Santoyo G., Hernández-Soberano C. and Valencia-Cantero E., The rhizobacterium *Arthrobacter agilis* produces dimethylhexadecylamine, a compound that inhibits growth of phytopathogenic fungi in vitro, *Protoplasma*, **250** (6), 1251 (2013).
28. Abdallah R.A.B., Mejdoub-Trabelsi B., Nefzi A., Jabnoun-Khiareddine H. and Daami-Remadi M., Isolation of endophytic bacteria from *Withania somnifera* and assessment of their ability to suppress Fusarium wilt disease in tomato and to promote plant growth, *J Plant Pathol. microbiol.*, **7** (5) (2016).
29. Torres M. J., Brandan C. P., Petroselli G., Erra-Balsells R. and Audisio M. C., Antagonistic effects of *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* and *B. amyloliquefaciens* against *Macrophomina phaseolina*: SEM study of fungal changes and UV-MALDI-TOF MS analysis of their bioactive compounds, *Microbiol. Res.*, **182**, 31 (2016).
30. Mahmoud O. M. B., Hidri R., Talbi-Zribi O., Taamalli W., Abdelly C. and Djébal N., Auxin and proline producing rhizobacteria mitigate salt-induced growth inhibition of barley plants by enhancing water and nutrient status, *S. Afr. J. Bot.*, **128**, 209 (2020).



31. Hong B., Joe M., Selvakumar G., Kim K., Choi J. and Sa T., Influence of salinity variations on exocellular polysaccharide production, biofilm formation and flocculation in halotolerant bacteria, *J. Environ. Biol.*, **38** (4), 657 (2017).
32. Karnwal, Screening of plant growth-promoting rhizobacteria from maize (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum*), *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.*, **12** (3), 6170 (2012).
33. Li H., Ding X., Wang C., Ke H., Wu Z., WANG Y. and Guo J., Control of tomato yellow leaf curl virus disease by *Enterobacter asburiae*BQ9 as a result of priming plant resistance in tomatoes, *Turk. J. Biol.*, **40** (1), 150 (2016).
34. Bharti N., Barnawal D., Awasthi A., Yadav A. and Kalra A., Plant growth promoting rhizobacteria alleviate salinity induced negative effects on growth, oil content and physiological status in *Mentha arvensis*, *Acta Physiol. Plant.*, **36** (1), 45 (2014).
35. Qurashi A. W., Sabri A. N., Bacterial exopolysaccharide and biofilm formation stimulate chickpea growth and soil aggregation under salt stress, *Braz. J. Microbiol.*, **43**, 1183 (2012).
36. Velmurugan S., Raman K., Viji V. T., Donio M., Jenifer J. A., Babu M. and Citarasu T., Screening and characterization of antimicrobial secondary metabolites from *Halomonas salifodinae* MPM-TC and its in vivo antiviral influence on Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus* against WSSV challenge, *J. King Saud Univ. Sci.*, **25** (3), 181 (2013).
37. Marasco R., Mapelli F., Rolli E., Mosqueira M.J., Fusi M., Bariselli P. and Borin S., *Salicornia strobilacea* (synonym of *Halocnemum strobilaceum*) grown under different tidal regimes selects rhizosphere bacteria capable of promoting plant growth, *Front. microbiol.*, **7**, 1286 (2016).
38. Orhan F., Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (*Triticum aestivum*), *Braz. J. Microbiol.*, **47**, 621 (2016).
39. Orozco-Mosqueda M., Duan J., DiBernardo M., Zetter E., Campos-García J., Glick B.R. and Santoyo G., The production of ACC deaminase and trehalose by the plant growth promoting bacterium *Pseudomonas* sp. UW4 synergistically protect tomato plants against salt stress, *Front. microbiol.*, **10**, 1392 (2019).
40. Tewari S., Arora N. K., Role of salicylic acid from *Pseudomonas aeruginosa* PF23 EPS+ in growth promotion of sunflower in saline soils infested with phytopathogen *Macrophomina phaseolina*, *Environ. Sustain.*, **eleven**, 49 (2018).
41. Alijani Z., Amini J., Ashengroph M. and Bahramnejad B., Antifungal activity of serratia rubidaea Mar61-01 purified prodigiosin against colletotrichum nymphaeae, the causal agent of strawberry anthracnose, *J. Plant Growth Regul* (2021).
42. Kamou N. N., Dubey M., Tzelepis G., Menexes G., Papadakis E. N., Karlsson M. and Jensen D. F., Investigating the compatibility of the biocontrol agent *Clonostachys rosea* IK726 with prodigiosin-producing *Serratia rubidaea* S55 and phenazine-producing *Pseudomonas chlororaphis* ToZa7, *Arch. microbiol.*, **198** (4), 369 (2016).
43. Jaddoa H. H., Hameed I. H., Mohammed Analysis of volatile metabolites released by *Staphylococcus aureus* using gas chromatography-Mass spectrometry and determination of its antifungal activity Orient, *J. Chem.*, **32** (4), 8 (2016).
44. Popp P. F., Mascher T.Coordinated Cell Death in Isogenic Bacterial Populations: Sacrificing Some for the Benefit of Many? *Journal of Molecular Biology*, **431** (23), 4656–466922 (2019).
45. Newman D.J., Cragg G.M., Natural products as sources of new drugs from 1981 to 2014, *J. Nat. Prod.*, **79** (3), 629-661 (2016).
46. Sharrar A. M., Crits-Christoph A., Méheust R., Diamond S., Starr E. P., Banfield J. F. and Davies J. E., Bacterial secondary metabolite biosynthetic potential in soil varies with phylum, depth, and vegetation type, *mBio*, **11** (3), e00416-e00420 (2020).
47. Müller S., Strack S. N., Hoefler B. C., Straight P. D., Kearns D. B. and Kirby J. R., Bacillaene and Sporulation Protect *Bacillus Subtilis* from Predation by *Myxococcus Xanthus*, *Appl. Environ. microbiol.*, **80** (18), 5603 (2014).
48. Smirnova T. A., Zubasheva M. V., Shevlyagina N. V., Nikolaenko M. A. and Azizbekyan R. R., Electron microscopic study of the surface of bacilli spores, *Microbiology*, **2** (6), 698 (2013).
49. May J. J., Wendrich T. M. and Marahiel M. A., The Dhb operon of *Bacillus subtilis* encodes the biosynthetic template for the catecholic siderophore 2,3-dihydroxybenzoate-glycine-threonine trimeric ester bacillibactin, *J. Biol. Chem.*, **276** (10), 7209 (2001).

50. Koumoutsis A., Chen X. H., Henne A., Liesegang H., Hitzeroth G., Franke P., Vater J. and Borriss R., Structural and functional characterization of gene clusters directing nonribosomal synthesis of bioactive cyclic lipopeptides in bacillus amyloliquefaciens strain FZB42, *J. Bacteriol.*, **186** (4), 1084-1096 (2004).
51. Lin T. P., Chen C. L., Chang LiK, Tschen J. S. M. and Liu S. T., Functional and transcriptional analyzes of a fengycin synthetase gene, FenC, from bacillus subtilis, *J. Bacteriol.*, **181** (16), 5060 (1999).
52. Tsuge K., Ano T., Hirai M., Nakamura Y. and Shoda M., The genes DegQ, Pps, and Lpa-8 (Sfp) are responsible for conversion of bacillus subtilis 168 to lipastatin production, *Antimicrob. Agents Chemother.*, **43** (9), 2183 (1999).
53. Bóka B., Manczinger L., Kocsubé S., Shine K., Alharbi N. S., Khaled J. M., Münsterkötter M. and Vágvolgyi C., Kredics Genome analysis of a bacillus subtilis strain reveals genetic mutations determining biocontrol properties, *World J. Microbiol. Biotechnol.*, **35** (3), 1 (2019).
54. Lamont I. L., Martin L. W., Identification and characterization of novel pyoverdine synthesis genes in pseudomonas aeruginosa, *Microbiology*, **149** (4), 833 (2003).
55. Mercado-Blanco J., Drift K.M.G.M., Olsson P. E., Thomas-Oates J. E., Loon L. C. and Bakker P. A. H. M., Analysis of the PmsCEAB Gene Cluster involved in the biosynthesis of salicylic acid and the siderophore pseudomonine in the biocontrol strain pseudomonas fluorescens WCS374, *J. Bacteriol.*, **183** (6), 1909 (2001).
56. DeLong J. P., Okie J. G., Moses M. E., Sibly R. M. and Brown J. H., Shifts in metabolic scaling, production, and efficiency across major evolutionary transitions of life, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **107**, 12941 (2010).
57. Khan M. Y., Zahir Z. A., Asghar H. N. and Waraich E. A., Preliminary investigations on selection of synergistic halotolerant plant growth promoting rhizobacteria for inducing salinity tolerance in wheat, *Pak. J. Bot.*, **49** (4), 1541 (2017).
58. Najimi M., Lemos M. L. and Osorio C. R., Identification of siderophore biosynthesis genes essential for growth of Aeromonas salmonicida under iron limitation conditions, *Appl. Environ. microbiol.*, **74** (8), 2341 (2008).
59. Sunita K., Mishra I., Mishra J., Prakash J. and Arora N. K., Secondary metabolites from halotolerant plant growth promoting rhizobacteria for ameliorating salinity stress in plants, *Front. microbiol.*, **11**, 2619 (2020).
60. Demain A.L., Pharmaceutically active secondary metabolites of microorganisms, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **52** (4), 455 (1999).
61. Raveh A., Deleka P.C., Dobry C.J., Peng W., Schultz P. J., Blakely P.K. and Sherman D.H., Discovery of potent broad spectrum antivirals derived from marine actinobacteria, *PLoS One*, **8** (12), e82318 (2013).
62. Chakraborty M., Fajle Rabby S. M., Gupta D. R., Rahman M., Paul S. K., Mahmud N. U., Rahat A. A. M., Jankuloski L. and Islam T., Natural protein kinase inhibitors, staurosporine, and chelerythrine suppress wheat blast disease caused by magnaporthe oryzae triticum, *microorganisms*, **10** (6), Article 1186 (2022).
63. Ruparelia J., Saraf M. and Jha C. K., Screening and optimization for cellulase production by soil bacterial isolates JRC1 and JRC2, *BBRC*, **13**, 159 (2020).
64. Corato U., Salimbeni R., Pretis A., Avella N. and Patrino G., Antifungal activity of crude extracts from brown and red seaweeds by a supercritical carbon dioxide technique against fruit postharvest fungal diseases, *Postharvest Biol. Technol.*, **131**, 16 (2017).
65. Corato U., Viola E., Arcieri G., Valerio V., Cancellara F. A. and Zimbardi F., Antifungal activity of liquid waste obtained from the detoxification of steam-exploded plant biomass against plant pathogenic fungi, *Crop Prot.*, **55**, 109 (2014).
66. Lazzarini A., Cavaletti L., Toppo G. and Marinelli F., Rare genera of actinomycetes as potential producers of new antibiotics, *Antonie Van Leeuwenhoek*, **78** (3), 399 (2000).
67. Parekh S., Vinci V. and Strobel R., Improvement of microbial strains and fermentation processes, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **54** (3), 287 (2000).
68. Pinchuk I.V., Bressollier P., Verneuil B., Fenet B., Sorokulova I. B., Mégraud F. and Urdaci M. C., In vitro anti-Helicobacter pylori activity of the probiotic strain Bacillus subtilis 3 is due to secretion of antibiotics, *Antimicrob. Agents Chemother.*, **45** (11), 3156 (2001).

69. Lawrance S., Varghese S., Varghese E. M. and Asok A. K., Quinoline derivatives producing *Pseudomonas aeruginosa* H6 as an efficient bioherbicide for weed management, *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, **18**, Article 101096 (2019).
70. Liu L., Ruan D., Peng L., Li M., Sun Z. Yu, Thuringiensin: a thermostable secondary metabolite from *Bacillus thuringiensis* with insecticidal activity against a wide range of insects *Toxins*, **6 (8)**, pp. 2229-2238 (2014)
71. Espinasse S., Gohar M., Chaufaux J., Buisson C., Perchat S. and Sanchis V., Correspondence of high levels of beta-exotoxin I and the presence of cry1B in *Bacillus thuringiensis*, *Appl. Environ. microbiol.*, **68 (9)**, 4182 (2002).
72. Ruparella J., Rabari A., Joshi N., Dhediya A., Halpati J., Patel A. and Jha C. K., Reconnoitring natural antibacterial appraisal of medicinal plants extract against human pathogen salmonella paratyphi A and salmonella paratyphi B, *Chem. Biomol. Eng.*, **6 (2)**, 30 (2021).
73. Pat. 2722670C1 Russian Federation Means for stimulating the growth of meristem culture *Solanum tuberosum*/ N.O. Renev, A.M. Subbotin, S. A. Petrov, V. A. Malchevsky – No.2019134349; application 10.25.2019; publ. 06/02/2020; Bull. No. 16.
74. Pat. 2724538C1 Russian Federation Means for stimulating the growth of meristem culture *Solanum tuberosum* / N. O. Renev, A. M. Subbotin, S. A. Petrov, V. A. Malchevsky – No.2019134348; application 10.25.2019; publ. 06/23/2020; Bull. No. 18.
75. Pat. 2732627C1 Russian Federation Means for increasing cold resistance and productivity of plants / S. A. Petrov, A. M. Subbotin, Timofeev V.N., Narushko M.V. – No.2019132572; application 10/14/2019; publ. 09.21.2020; Bull. No. 27. – 6 p.
76. Kastornov A. A. Petrov S. A., Subbotin A. M. and Malchevsky V. A., The influence of microorganisms of paleoecosystems on the cytogenetic apparatus of *Allium cepa*, *Bulletin of the North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosova Series "Medical Sciences"*, **3 (24)**, 5 (2021).
77. Kastornov A. A., Subbotin A. M. and Petrov S. A., The influence of microorganisms of the Arctic paleoecosystems on the morphometric parameters and the cytogenetic apparatus of *Allium cepa*, *BIO Web of Conferences*, **43**, 3013 (2022).
78. Kastornov A. A., Petrov S. A. and Subbotin A. M., The influence of microorganisms of the genus *Bacillus* from permafrost on the performance of the green part of the onion *Allium cepa*, *World of Innovation.*, **2**, 22 (2023).
79. Darshan N., Manonmani H. K. Prodigiosin and its potential applications, *J. Food Sci. Technol.*, **52 (9)**, 5393 (2015).
80. Petrov S. A., Subbotin A. M., Bazhin A. S. and Narushko M. V., Influence of the Microbiota of the Cryolithozone Paleoecosystems on the Behavioral Functions of the Nervous System of Chickens *Gallus gallus*, *Bulletin of experimental biology and medicine*, **171 (2)**, 234 (2021).
81. Kalenova L.F., Petrov S.A. and Sukhovei Y.G., Reparative and immunomodulatory potential of low-molecular-weight fraction of secondary metabolites of *Bacillus* sp, *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, **172 (3)**, 332 (2022).
82. Kalenova L. F., Petrov S. A., Subbotin A. M., Narushko M. V. and Bazhin A. S., Influence of Paleobacteria on the Proliferative Activity of Human Lymphocytes In Vitro, *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, **174 (6)**, 758 (2023).
83. Petrov S. A., Sukhovey Yu. G., Kalenova L. F., Kostolomov E. G., Subbotin A. M. and Kastornov A. A., The influence of permafrost microorganisms on the differentiation of monocytes in vitro, *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, **175 (3)**, 345 (2023).
84. Kalenova L. F., Petrov S. A. and Bazhin A. S., Dose-dependent effect of metabolites of microorganisms *Bacillus* Sp. from permafrost rocks on the differentiation of lymphocytes in the thymus, *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, **169 (1)**, 74 (2020).

**УДК 612.821+159.91**

**ОСОБЕННОСТИ СВЯЗАННЫХ С СОБЫТИЯМИ СПЕКТРАЛЬНЫХ  
ПЕРТУРБАЦИЙ ЭЭГ У ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВОМ АУТИСТИЧЕСКОГО  
СПЕКТРА ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ДВИЖЕНИЯМИ И ИХ ИМИТАЦИИ**

*Португальская А. А., Шепитько Л. С., Клинков В. Н., Кайда А. И., Орехова Л. С.,  
Михайлова А. А., Павленко В. Б.*

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Российская Федерация  
E-mail: vprav55@gmail.com*

Целью исследования являлся анализ связанных с событиями спектральных пертурбаций ЭЭГ у нормотипичных детей и детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) дошкольного возраста при наблюдении за мнимым действием, реальным действием и повторении действия. Установлено, что наблюдение за мнимым и реальным действием не только у нормотипичных детей, но и у испытуемых с РАС сопровождается десинхронизацией мю- и бета-ритмов ЭЭГ в центральных отведениях. Более того, у детей с РАС при наблюдении за действиями и при их воспроизведении в ряде случаев наблюдаются более выраженные фазные реакции в частотных диапазонах тета-, мю- и бета-ритмов. Полученные результаты интерпретируются на основе представлений о паттернах ЭЭГ-реакций как индикаторах функционирования центральных механизмов социального поведения нормотипичных детей и детей с РАС.

**Ключевые слова:** ЭЭГ, мю-ритм, тета-ритм, дети, расстройства аутистического спектра.

**ВВЕДЕНИЕ**

Расстройства аутистического спектра (РАС) входят в число наиболее распространенных нарушений развития [1]. Для РАС характерен дефицит социального взаимодействия, одной из причин которого является сниженная способность к запуску и поддержанию произвольного внимания [2], а также совместного внимания при взаимодействии с окружающими [3]. В ходе нейрофизиологических исследований у детей с РАС выявлен ряд показателей, отличных от показателей типично развивающихся детей. В частности, у детей с аутизмом выявлены нарушения синаптической организации мозга, установлены корреляции этих нарушений с показателями когнитивных, эмоциональных и поведенческих тестов, характеристиками ЭЭГ (см. обзор [4]). Анализ особенностей паттерна биопотенциалов головного мозга у детей с РАС имеет важное значение, т.к. одним из способов коррекции развития таких детей являются сеансы биологической обратной связи по ЭЭГ [5].

У типично развивающихся детей дошкольного возраста в процессе социального взаимодействия увеличивается мощность тета-ритма, в то время как мощность мю-ритма (разновидность альфа-активности) снижается [6]. Нами были выявлены

особенности реактивности ЭЭГ в индивидуально определенном частотном диапазоне мю-ритма у детей с РАС дошкольного возраста в ситуациях, предполагающих проявление инструментального, эмоционального и альтруистического помогающего поведения [7]. Оценка индексов реактивности мю-ритма показала, что при выполнении задания на комплексное альтруистическое и эмоциональное помогающее поведение этот показатель статистически значимо ниже у детей с РАС. Предполагается, что обнаруженные особенности являются следствием нарушения функционирования т.н. зеркальной системы мозга (ЗСМ), а также нисходяще й регуляции к ЗСМ со стороны префронтальной коры и других областей неокортекса [8].

Однако, согласно известной гипотезе «разбитого зеркала» [9], ЗСМ у людей с РАС неэффективно функционирует, прежде всего, при восприятии и воспроизведении действий другого человека. В связи с этим, особый интерес представляет особенности динамики ритмов ЭЭГ детей с РАС в тех социальных или игровых ситуациях, которые включают наблюдение за действиями окружающих и их имитацию. В нашей лаборатории установлено, что при наблюдении за мнимым и реальным действием взрослого экспериментатора, а также при выполнении ребенком самостоятельного действия в игровой ситуации мю-ритм ЭЭГ у нормотипичных детей в возрасте от полутора до трех с половиной лет значимо снижается, причем это снижение было более выражено у детей с лучшим развитием рецептивной речи [10]. Одним из способов исследования динамики ЭЭГ в различных поведенческих ситуациях является частотно-временной анализ, в частности, анализ связанных с событиями спектральных пертурбаций (СССП, event-related spectral perturbation). Такой анализ позволяет с высоким временным разрешением выявить изменения электрической активности неокортекса, сопровождающие восприятие различных событий или действий окружающих, собственное выполнение тех или иных поведенческих актов. Однако, насколько нам известно, оценка динамики ритмов ЭЭГ с применением частотно-временного анализа при наблюдении за действиями взрослого экспериментатора, а также при выполнении ребенком самостоятельного действия у испытуемых дошкольного возраста ранее не проводилась.

В связи с этим, целью исследования явился анализ СССП у детей с РАС и нормотипичных детей дошкольного возраста при наблюдении за мнимым действием, реальным действием и повторении действия.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основная группа испытуемых была представлена 21 ребёнком в возрасте 4–7 лет (14 мальчиков и 7 девочек, средний возраст –  $71,7 \pm 13,3$  месяцев) с диагнозом «детский аутизм» (F84.0 по МКБ-10) или «расстройства аутистического спектра с нарушением интеллектуального развития и с нарушениями функционального языка» (6A02.3 по МКБ-11). В контрольную группу типично развивающихся детей были включены 33 ребёнка той же возрастной группы (из них 18 мальчиков и 15 девочек, средний возраст –  $71,3 \pm 13,9$  месяцев).

Проводили регистрацию электроэнцефалограммы в трех экспериментальных ситуациях:

1. «Наблюдение мнимого действия» – ребенок наблюдает, как экспериментатор проводит рукой по установленной на столе горке (три повторения по 5 с). Считается, что ребенок не видит в этом действии реальной цели.

2. «Наблюдение реального действия» – ребенок наблюдает, как экспериментатор сталкивает с горки игрушечную машинку (три повторения по 5 с).

3. «Выполнение действия» – экспериментатор ставит горку с машинкой перед ребенком, и ребенок сам ее сталкивает (три повторения по 5 с).

Перед первой и второй экспериментальными ситуациями детям давалась инструкция: «Смотри внимательно, что я буду делать!». Перед третьей говорили: «А теперь сделай как я!». На протяжении всех экспериментальных ситуаций экспериментатор направлял свой взор на кисть собственной движущейся руки и предметы, которыми манипулировал.

В рамках настоящего исследования проводили анализ характеристик ЭЭГ в следующих отведениях: C3, Cz, C4. Указанные регионы выбраны как области интереса на основании данных литературы о целесообразности анализа мю-ритма у детей. Во время записи ЭЭГ велась аудио- и видеорегистрация. Запись ЭЭГ и видеозапись экспериментальных ситуаций были синхронизированы. Записи с большим количеством артефактов, а также пробы, в которых видеозапись показала отсутствие стойкого внимания ребенка к ситуации, были исключены из анализа.

Анализировали фрагменты ЭЭГ длительностью по 5 с в трех экспериментальных ситуациях: 2,5 с до и 2,5 с после момента прикосновения руки экспериментатора к горке или к машинке, а также прикосновения ребенка к машинке. Частотно-временное разложение сигнала производили в пакете EEGLAB toolbox (<http://www.sccn.ucsd.edu/eeglab/>) с помощью вейвлета Morlet. Для оценки изменений спектральной мощности ЭЭГ в указанных ситуациях с помощью того же пакета рассчитывали связанные с событием спектральные пертурбации (СССП, event-related spectral perturbation). СССП показывают изменения спектральной мощности ЭЭГ в тестовом участке по сравнению с уровнем фона. В качестве фона в указанных экспериментальных ситуациях использовали временной интервал от 2,5 до 2,0 с до момента прикосновения к машинке или горке, а в качестве тестового участка – последующие 4,5 с (2,0 с до прикосновения и 2,5 с после). При обработке данных получали изображения, отражающие в децибелах логарифм отношения тестовой к фоновой мощности ЭЭГ. Исходя из работ других авторов [6], в качестве тета- и мю-активности рассматривали ЭЭГ в частотных диапазонах 4,0-7,6; 8,4-10,4 Гц, соответственно. В качестве бета-активности рассматривали ЭЭГ с частотой от 12 до 25 Гц.

При оценке различий СССП обследованных групп детей для уменьшения искажений, связанных с множественными сравнениями, использовали пермутационную статистику пакета EEGLAB ( $n = 2000$ ), статистически значимыми считали различия при  $p < 0,01$ .

Остальные подробности методики описаны ранее [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведения исследования и анализа данных ЭЭГ в программе EEGLAB были получены графики СССР. На рис. 1 представлены СССР у типично развивающихся детей и участников исследования с РАС в ситуации наблюдения за мнимым действием. В этом и последующих случаях графики СССР усреднены по трем реализациям и по всем испытуемым данным групп. Каждый график соответствует временному промежутку от -2 до 2 с от момента прикосновения к машинке (по горизонтали) и диапазону частот от 3 до 25 Гц (по вертикали). Вертикальная линия – момент прикосновения экспериментатора к машинке. Синим цветом отмечены участки графиков с десинхронизацией (снижением мощности) ритмов ЭЭГ, красным цветом – интервалы синхронизации (повышения мощности). В центральной части рисунка размещена шкала, отражающая логарифм отношения мощностей ритмических диапазонов фоновой ЭЭГ (временной интервал от -2,5 до -2,0 с, на рисунке не показан, так как был принят за фоновый) и ЭЭГ последующих временных интервалов (дБ). На фрагментах справа красным цветом обозначены значимые различия.

Как видно из рисунка, ситуация наблюдения за мнимым действием сопровождалась у детей контрольной группы относительно продолжительной десинхронизацией тета-, мю- и бета-ритмов, а у детей с РАС – краткосрочной десинхронизацией мю- и бета-ритмов и ростом мощности ЭЭГ в диапазоне тета- (отведения С3 и С4), а также отсроченным усилением бета-ритма (отведение С<sub>z</sub>). Межгрупповые различия достигали значимости в период движения руки экспериментатора к горке (во временном интервале от -1,2 до -1 с) и после прикосновения руки экспериментатора к пустой горке (в интервале 0,3–0,9 с).

При наблюдении за реальным действием экспериментатора примерно за 1 с до прикосновения к машинке у детей контрольной группы наблюдается десинхронизация ЭЭГ в диапазоне мю-ритма, завершающаяся его синхронизацией в то время, когда экспериментатор подталкивал игрушку и она съезжала с горки (рис. 2). Выявлен рост осцилляций тета-ритма в тот период, когда машинка катилась с горки (временной интервал 0,5–2,0 с).

У детей с РАС также наблюдается десинхронизация мю-ритма, причем в отведении С4 в период движения руки к игрушке она носит более выраженный характер, чем у детей контрольной группы. Кроме того, в отведении С3 у испытуемых данной группы наблюдается десинхронизация бета-ритма (диапазон 15–25 Гц) в период скатывания машинки с горки. Значимые отличия между реакциями детей двух групп выявляются и в частотном диапазоне тета-ритма через 0,5–1,5 с после прикосновения экспериментатора к игрушке. Так у детей с РАС в этот временной период мощность тета-ритма статистически значимо выше чем у контрольной группы в отведении С<sub>z</sub>, но ниже в отведениях С3 и С4.

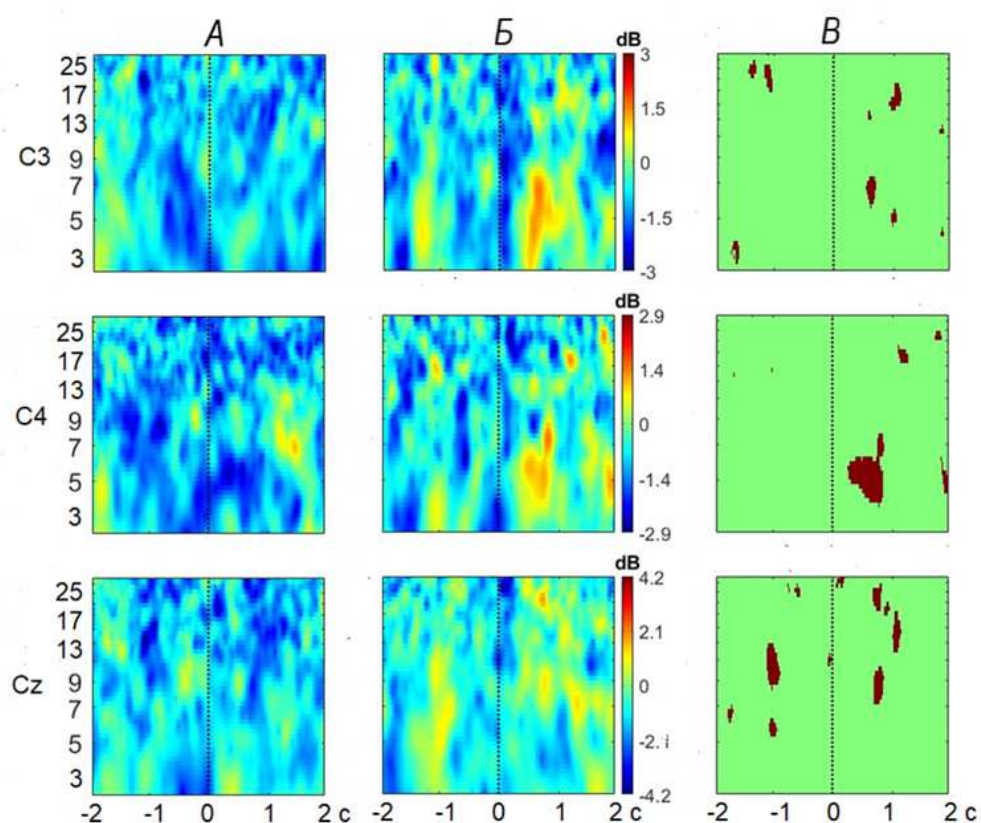


Рис. 1. Паттерны ЭЭГ-реакций в отведениях C3, C4, Cz у типично развивающихся детей (А) и у детей с РАС (Б) в ситуациях наблюдения за мнимым действием экспериментатора, а также статистическая значимость межгрупповых различий при  $p < 0,01$  (В).

Ситуация выполнения собственного действия сопровождалась у детей группы нормы десинхронизацией тета- и мю-ритмов, развивающейся примерно за 1 с до момента касания игрушки и сменяющейся синхронизацией через 0,3–1,0 с от момента прикосновения (рис. 3). У детей с РАС прикосновение к машинке и скатывание ее вызвало рост мощности ЭЭГ в диапазонах тета-, мю- и бета-ритмов. Сравнение паттерна СССП свидетельствует о значительно повышенной реактивности ЭЭГ испытуемых с РАС в данной экспериментальной ситуации, по сравнению с контрольной группой.



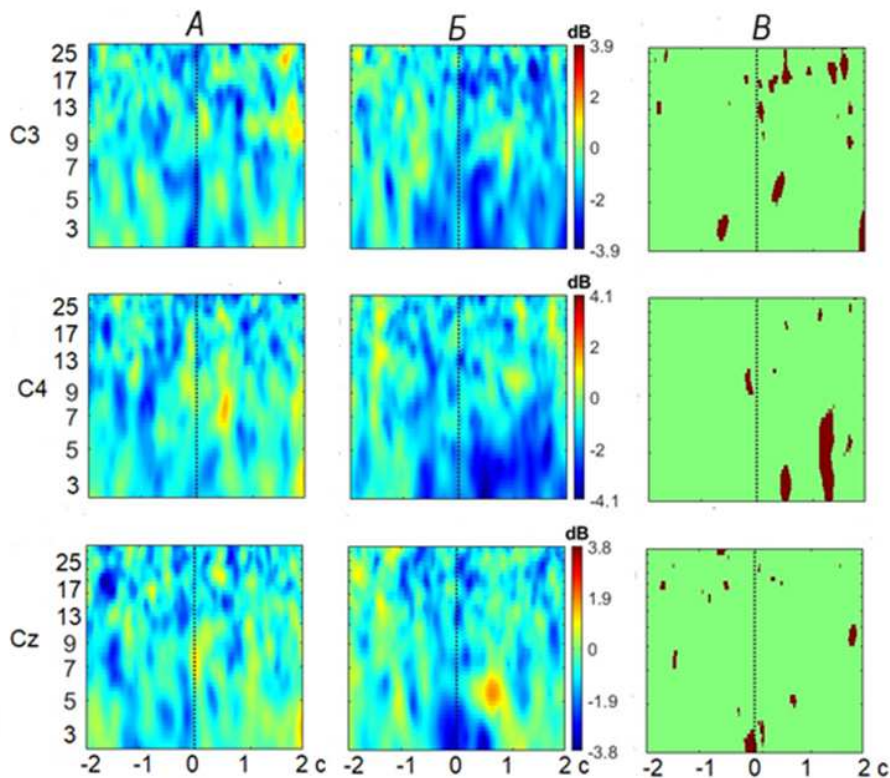


Рис. 2. Паттерн ЭЭГ-реакций в отведениях С3, С4, Сз у нормотипичных детей (А) и детей с РАС (Б) в ситуациях наблюдения за реальным действием экспериментатора, а также статистическая значимость межгрупповых различий (В) при  $p < 0.01$

Таким образом, в ситуациях наблюдения за мнимым и реальным действием как у детей группы нормы, так и у детей с РАС наблюдались реакции десинхронизации мю- и бета-ритмов в центральных отведениях (см. рис. 1 и 2), что как принято считать [11], отражает предполагаемую активацию ЗСМ. В ситуации наблюдения за реальным действием десинхронизация указанных ритмов у детей с РАС была выражена значимо больше, чем у детей группы сравнения. Как уже отмечалось, ранее нами установлено, что у детей с РАС в ситуациях, предполагающих проявление помогающего поведения, реактивность в диапазоне мю-ритма была понижена [7]. Отсутствие депрессии мю-ритма у детей с РАС в условиях задачи на реализацию альтруистического и эмоционального помогающего поведения была расценена как свидетельство меньшей степени активации ЗСМ в сложной социальной ситуации. Однако результаты настоящего исследования показывают – если ребенок включен в процесс несложного игрового взаимодействия, одним из объектов которого является привлекательная игрушка, дети с РАС демонстрируют выраженную динамику ЭЭГ-осцилляций в частотных диапазонах мю- и бета-ритмов. Таким образом, центральные звенья ЗСМ у таких детей в относительно простых ситуациях достаточно активны.

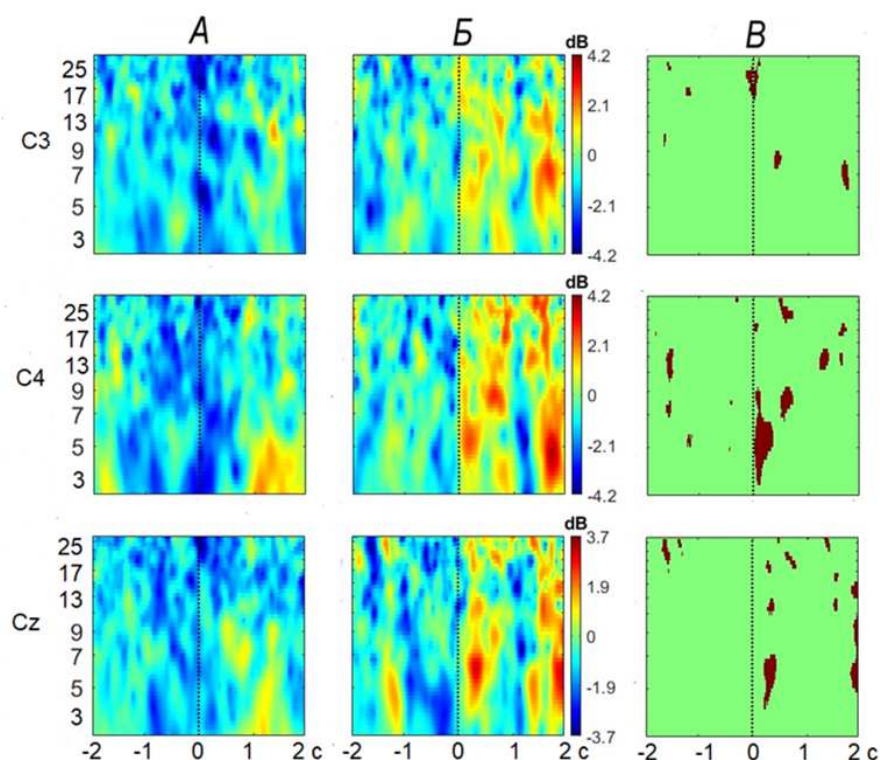


Рис. 3. Паттерн ЭЭГ-реакций в отведениях C3, C4, Cz у нормотипичных детей (А) и детей с РАС (Б) в ситуациях собственного выполнения действия, а также статистическая значимость межгрупповых различий (В) при  $p < 0.01$

В трех экспериментальных ситуациях нашего исследования у детей обеих групп наблюдались выраженные фазные реакции в диапазоне тета-активности. Рост мощности осцилляций тета-ритма ЭЭГ связывают у детей дошкольного возраста с процессами эмоциональной активации, концентрации внимания, формированием и актуализацией памятного следа [6, 12, 13]. Интересно отметить, что при наблюдении за мнимым действием у детей с РАС выявлены более мощные, чем у нормотипичных испытуемых, вспышки тета-ритма (см. рис. 1). В одном из исследований [14] показано, что при неожиданном (несоответствующем завершении игры) действии у детей полутора лет резко увеличивается мощность тета-ритма, что привело к предположению об участии ритмической активности мозга тета-диапазона в обработке ошибок у маленьких детей. Известно, что дети с РАС склонны к стереотипному поведению и крайне чувствительны к нарушению привычного порядка действий. Можно предположить, что при наблюдении за неоднозначной ситуацией, в которой не видно реальной цели, участники исследования с РАС внутренне реагируют более активно, чем типично развивающиеся дети.

В ситуации собственного выполнения действия у детей с РАС также отмечалась повышенная, по сравнению с контрольной группой, синхронизация мю-, бета- и,

особенно, тета-ритмов (см. рис. 3). Известно, что у маленьких детей мощность тета-колебаний в условиях лабораторного эксперимента выше, чем у взрослых, что объясняют большей интенсивностью аффективных состояний. Кроме того, у ребенка меньшая степень автоматизации поведения и он задействует больше ресурсов мозга для регулирования поведения, чем взрослый [6]. Исходя из подобной интерпретации тета-осцилляций, мы считаем, что игровая ситуация, включающая манипуляции с привлекательной игрушкой, приводит к повышенной активности мозга детей с РАС, чья центральная нервная система является относительно менее зрелой, чем у типично развивающихся сверстников.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящего исследования показали, что наблюдение за мнимым и реальным действием не только у нормотипичных детей, но и у испытуемых с РАС сопровождается десинхронизацией мю- и бета-ритмов в центральных отведениях. Мы считаем, что центральные звенья ЗСМ у детей с РАС в относительно простых социальных ситуациях функционируют относительно адекватно. Более того, у детей с РАС при наблюдении за действиями и их воспроизведении в ряде случаев наблюдаются более выраженные фазные реакции в частотных диапазонах тета-, мю- и бета-ритмов ЭЭГ. Данный факт мы связываем с повышенной чувствительностью детей с РАС к разного рода стимулам, нарушению привычного порядка действий, неоднозначным, сложным для понимания ребенка ситуациям.

Количество участников данного исследования было относительно небольшим, а каждая экспериментальная ситуация при работе с отдельным ребенком повторялась всего три раза, что является известным ограничением данной работы. Поэтому к интерпретации результатов следует подходить с некоторой осторожностью. Тем не менее, результаты настоящего исследования могут быть полезны для оценки нейрофизиологических особенностей детей с РАС и разработке новых методов коррекции их развития.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-00720, <https://rscf.ru/project/22-28-00720/> с использованием оборудования ЦКП “Экспериментальная физиология и биофизика”.*

## Список литературы

1. Божкова Е. Д. Расстройства аутистического спектра: современное состояние проблемы (обзор) / Е. Д. Божкова, О. В. Баландина, А. А. Коновалов // Современные технологии в медицине. – 2020. – Т. 12, вып. 2. – С. 111–120.
2. Строганова Т. А. Нейронные механизмы нарушений ориентировки внимания у детей с расстройством аутистического спектра / Т. А. Строганова, Е. В. Орехова, И. А. Галюта // Экспериментальная психология. – 2015. – Т. 8, вып. 3. – С. 7–23.
3. Franchini M. Initiation of joint attention and related visual attention processes in infants with autism spectrum disorder: Literature review / M. Franchini, V. L. Armstrong, M. Schaer [et al.] // Child Neuropsychol. – 2019. – Vol. 25, No 3. – P. 287–317.

4. Павленко, Д. В. Методы коррекции развития детей с аутизмом на основе биологической обратной связи по ЭЭГ / Д.В. Павленко, Е. Н. Чуян, В. Б. Павленко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7, вып. 1. – С. 124–140.
5. Friedrich E. V. An effective neurofeedback intervention to improve social interactions in children with Autism Spectrum Disorder / E. V. Friedrich, A., Lim T. Sivanathan, N. Suttie [et al.] // J Autism Dev Disord. – 2015. – Vol. 45, No 12. – P. 4084–4100.
6. Orekhova E. V. EEG theta rhythm in infants and preschool children / E. V. Orekhova, T. A. Stroganova, I. N. Posikera [et al.] // Clin Neurophysiol. – 2006. – Vol. 117, No 5. – P. 1047–62.
7. Павленко В. Б. Особенности реактивности  $\mu$ -ритма ЭЭГ у детей с расстройствами аутистического спектра в ситуациях помогающего поведения / В. Б. Павленко, А. И. Кайда, В. Н. Клинков [и др.] // Вестник РГМУ. – 2023. – Том. 2. – С. 26–32.
8. Yates L. Continuing to look in the mirror: A review of neuroscientific evidence for the broken mirror hypothesis, EP-M model and STORM model of autism spectrum conditions. / L. Yates, H. Hobson // Autism. – 2020. – Vol. 24, No 8. – P. 1945–1959.
9. Oberman L. M. EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders / L. M. Oberman, E. M. Hubbard, J. P. McCleery [et al.] // Cognitive Brain Research. – 2005 – Vol. 24, No 2. – P. 190–198.
10. Михайлова А. А. Реактивность  $\mu$ -ритма ЭЭГ при наблюдении и выполнении действий у детей раннего возраста, имеющих разный уровень развития рецептивной речи / А. А. Михайлова, Л. С. Орехова, Ю. О. Дягилева [и др.] // Журн. высш. нервн. деят. – 2020. – Т. 70, вып. 3. – С. 422–432.
11. Ларионова Е. В.  $\mu$ -ритм в современных исследованиях: теоретические и методологические аспекты / Е. В. Ларионова, Ж. В. Гарах, Ю. С. Зайцева // Журн. высш. нервн. деят. – 2022. – Т. 72, вып. 1. – С. 11–35.
12. Meyer M. Theta oscillations in 4-year-olds are sensitive to task engagement and task demands / M. Meyer, H. M. Endedijk, F. van Ede [et al.] // Sci Rep. – 2019. – Vol. 15, No 9. – P. 6049.
13. Михайлова А. А. Реактивность тета-ритма ЭЭГ у детей раннего возраста с разным уровнем помогающего поведения / А. А. Михайлова, Л. С. Орехова, Ю. О. Дягилева [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6, вып. 3. – С. 117–126.
14. Conejero Á. Frontal theta activation associated with error detection in toddlers: influence of familial socioeconomic status / Á. Conejero, S. Guerra, A. Abundis-Gutiérrez [et al.] // Developmental Science. – 2018. – Vol. 21, No 1. – 12494.

## **PECULIARITIES OF EVENT-RELATED SPECTRAL EEG PERTURBATIONS IN CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER WHEN OBSERVING AND IMITATING MOVEMENTS**

***Portugalskaya A. A., Shepitko L. S., Klinkov V. N., Kaida A. I., Orekhova L. S.,  
Mikhailova A. A., Pavlenko V. B.***

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: vpav55@gmail.com*

Autism spectrum disorders (ASD) are among the most common developmental disorders. It is assumed that one of the causes of ASD is a violation of the functioning of the so-called mirror system of the brain. The activity of this system is reflected in the power of  $\mu$ - and beta-rhythms of the EEG. Of particular interest is the analysis of the dynamics of EEG rhythms of children with ASD in those social or gaming situations that involve observing the actions of others and imitating them. One of the ways to study the

dynamics of the EEG is time-frequency analysis, in particular, the analysis of event-related spectral perturbations (ERSP). Such an analysis makes it possible to detect changes in the electrical activity of the neocortex with high temporal resolution. Those changes that accompany the perception of various events or actions of others, their own performance of certain behavioral acts.

However, as far as we know, the evaluation of the dynamics of EEG rhythms using time-frequency analysis when observing the actions of an adult experimenter, as well as performing an independent action by a child in preschool-age subjects has not been carried out before.

The aim of the study was to analyze the CSSP in normotypic children and children with preschool-age ASD when observing an imaginary action, a real action and a repetition of the action.

The main group of subjects was represented by 21 children aged 4–7 years (14 boys and 7 girls, average age –  $71.7 \pm 13.3$  months) with a diagnosis of "childhood autism" or "autism spectrum disorders with intellectual development disorders and functional language disorders". The control group of typically developing children included 33 children of the same age group (including 18 boys and 15 girls, the average age was  $71.3 \pm 13.9$  months).

The electroencephalogram was recorded in three experimental situations:

1. "Observation of an imaginary action" – the child observes how the experimenter runs his hand over the slide installed on the table (three repetitions of 5 seconds). It is believed that the child does not see a real purpose in this action.

2. "Observing a real action" – the child observes how the experimenter pushes a toy car off the slide (three repetitions of 5 seconds).

3. "Performing an action" – the experimenter puts the slide with the machine in front of the child, and the child pushes it himself (three repetitions of 5 seconds).

It was found that the observation of imaginary and real action not only in normotypic children, but also in subjects with ASD is accompanied by desynchronization of mu- and beta-rhythms of the EEG in the central locus. Moreover, in children with ASD, when observing actions and repeating them, in some cases, more pronounced phase reactions are observed in the frequency ranges of theta, mu and beta rhythms.

The results of this study show that if a child is involved in the process of simple game interaction, one of the objects of which is an attractive toy, children with ASD demonstrate pronounced dynamics of EEG oscillations in the frequency ranges of mu and beta rhythms. Thus, the mirror system of the brain in such children is quite active in relatively simple situations.

In three experimental situations of our study, pronounced phase reactions in the range of theta activity were observed in children of both groups. The increase in the power of EEG theta rhythm oscillations in preschool children is associated with the processes of emotional activation, concentration of attention, formation and actualization of a memorable trace. It is interesting to note that when observing the imaginary action in children with ASD, more powerful flashes of theta rhythm were detected than in normotypic subjects. It is known that children with ASD are prone to stereotypical behavior and are extremely sensitive to disruption of the usual order of actions. It can be assumed that when observing an ambiguous situation in which no real goal is visible, study participants with ASD internally react more actively than typically developing children.

In the situation of their own performance of the action, children with ASD also showed increased synchronization of mu-, beta- and, especially, theta rhythms, compared with the control group. It is known that in young children, the power of theta oscillations in a laboratory experiment is higher than in adults, which is explained by the greater intensity of affective states. In addition, a child has less automation of behavior and uses more brain resources to regulate behavior than an adult. Based on this interpretation of theta oscillations, we believe that a game situation involving manipulations with an attractive toy leads to increased brain activity in children with ASD. Their central nervous system is relatively less mature than that of typically developing peers.

**Keywords:** EEG, mu-rhythm, theta rhythm, children, autism spectrum disorders.

### References

1. Bozhkova E. D., Balandina O. V. and Konovalov A. A., Autism spectrum disorders: current state of the problem (review), *Modern technologies in medicine*, **12**, 111 (2020).
2. Stroganova T. A., Orekhova E. V. and Galyuta I. A., Neural mechanisms of attention orientation disorders in children with autism spectrum disorders, *Experimental psychology*, **8**, 7 (2015).
3. Franchini M., Armstrong V. L., Schaer M. and Smith I. M., Initiation of joint attention and related visual attention processes in infants with autism spectrum disorder: Literature review, *Child Neuropsychol*, **25**, 317 (2019).
4. Pavlenko D. V., Chuyan E. N. and Pavlenko V. B., Methods for correcting the development of children with autism based on EEG biofeedback, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **7**, 124 (2021).
5. Friedrich E. V., Sivanathan A., Lim T., Suttie N., Louchart S., Pillen S. and Pineda J. A., An effective neurofeedback intervention to improve social interactions in children with Autism Spectrum Disorder, *J Autism Dev Disord*, **45**, 4084 (2015).
6. Orekhova E. V., Stroganova T. A., Posikera I. N. and Elam M., EEG theta rhythm in infants and preschool children, *Clin Neurophysiol*, **117**, 1047 (2006).
7. Pavlenko V. B., Kaida A. I., Klinkov V. N., Mikhailova A. A., Orekhova L. S. and Portugalskaya A. A. Features of EEG  $\mu$ -rhythm reactivity in children with autism spectrum disorders in situations of helping behavior, *Bulletin of the Russian State Medical University*, **2**, 26 (2023).
8. Yates L. and Hobson H., Continuing to look in the mirror: A review of neuroscientific evidence for the broken mirror hypothesis, EP-M model and STORM model of autism spectrum conditions, *Autism*, **24**, 1945 (2020).
9. Oberman L. M., Hubbard E. M., McCleery J. P., Altschuler E. L., Ramachandran V. S. and Pineda J. A., EEG evidence for mirror neuron dysfunction in autism spectrum disorders, *Cognitive Brain Research*, **24**, 190 (2005).
10. Mikhailova A. A., Orekhova L. S., Dyagileva Yu. O., Mukhtarimova T. I. and Pavlenko V. B., Reactivity of the EEG mu rhythm during observation and performance of actions in young children with different levels of development of receptive speech, *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat.*, **70**, 422 (2020).
11. Larionova E. V., Garakh Zh. V. and Zaitseva Yu. S., Mu rhythm in modern research: theoretical and methodological aspects, *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat.*, **72**, 11 (2022).
12. Meyer M., Endedijk H.M., van Ede F. and Hunnius S. Theta oscillations in 4-year-olds are sensitive to task engagement and task demands, *Sci Rep*, **15**, 6049 (2019).
13. Mikhailova A. A., Orekhova L. S., Dyagileva Yu. O., Tyshko A. A. and Pavlenko V. B., Reactivity of the EEG theta rhythm in young children with different levels of helping behavior, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **6**, 117 (2020).
14. Conejero Á., Guerra S., Abundis-Gutiérrez A. and Rueda M. R., Frontal theta activation associated with error detection in toddlers: influence of familial socioeconomic status, *Developmental Science*, **21**, 12494 (2016).

**УДК 582.287.23**

## **КСИЛОТРОФНАЯ МИКОБИОТА ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПАРКА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «НАУЧНЫЙ», РЕСПУБЛИКА КРЫМ**

*Проянникова И. Б., Алексеева А. И.*

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия  
E-mail: aphanisomenon@mail.ru*

Приводятся данные о видовом составе, эколого-трофической специализации и распространении ксилотрофных грибов на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» (Республика Крым, Россия, площадь – 965 га). В результате проведенных исследований обнаружено 93 вида ксилотрофных макромицетов, относящихся к 48 семействам, 17 порядкам, 7 классам, 3 отделам и 2 царствам грибов и грибоподобных организмов. Ведущее место по количеству видов занимает отдел настоящих грибов Basidiomycota, к которому относятся 79 видов, что составляет 85,0 % от общего количества видов грибов. Анализ эколого-трофической специализации грибов-ксилотрофов показал, что большая часть видов макромицетов (83 вида) предпочитало или было способно расти на мертвой древесине, что составляет 89,2 % от общего количества обнаруженных видов. Установлена динамика плодоношения и встречаемость ксилотрофных грибов по шкале Гааса; выявлены наиболее часто встречающиеся виды ксилотрофных макромицетов дендрофлоры на территории ландшафтно-рекреационного парка «Научный». Проведен анализ обнаруженных видов дереворазрушающих грибов по категориям съедобности. Выявлено 14 видов, относящихся к лекарственным грибам, что составляет 15,1% от общего числа зафиксированных видов. Обнаружены виды грибов-ксилотрофов, занесенные в Красную книгу Республики Крым (1) и в Красную книгу Российской Федерации (1).

**Ключевые слова:** ксилотрофная микобиота, ландшафтно-рекреационный парк регионального значения «Научный», Горный Крым.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Географическое положение Горного Крыма в совокупности с климатическими особенностями способствуют возникновению умеренно-теплого климата, благоприятного для формирования лесных сообществ. Все это создает среду, в которой могут обитать разнообразные ксилотрофные грибы. Ксилотрофная микобиота является крайне важной составляющей любого лесного сообщества. Обладая мощным комплексом ферментов, они разлагают древесину, расщепляя лигнин и целлюлозу, тем самым высвобождая связанный углерод и завершая его круговорот в природе. Это позволяет говорить о ксилотрофных грибах как об организмах, играющих крайне важную роль в экосистемах [1]. Ксилотрофные грибы участвуют в регуляции состава растительных сообществ, поражая ослабленные деревья; у ряда представителей данной группы заметна определенная специализация, выраженная в том, что некоторые виды предпочитают развиваться на определенных видах древесных растений [2].

В настоящее время исследования в области изучения видового разнообразия ксилотрофной микобиоты, свойств дереворазрушающих грибов различных таксономических и экологических групп, проблемы функционирования и структурных особенностей грибных сообществ, а также изучение антропогенного влияния на комплексы грибов и процессов ксилотолиза биомассы лесных биогеоценозов грибными компонентами являются актуальными.

Кроме того, ксилотрофные грибы имеют большое значение в деятельности человека. Широко известно отрицательное влияние данной группы организмов в виде разрушения заготовленных лесоматериалов, живых деревьев, деревянных частей построек. Однако в настоящее время были обнаружены новые свойства дереворазрушающих грибов: влияние на некоторых сельскохозяйственных вредителей, разрушение полициклических ароматических углеводов, в частности, считается, что ксилотрофные грибы могут помочь с такой проблемой, как биоремедиация почв, контаминированных углеводородами нефти. Помимо этого, ведутся исследования по биоразложению отходов деревообрабатывающей промышленности, в частности, есть исследования, согласно которым некоторые виды грибов при подобной переработке способны производить регуляторы роста растений. И наконец, активно ведутся исследования веществ, содержащихся в дереворазрушающих грибах на предмет их использования в медицинской промышленности для производства новых лекарств [2–7].

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) Крыма в этом отношении заслуживают повышенного внимания, поскольку слабонарушенные растительные сообщества заказников, памятников природы и природных парков могут служить эталоном природных фитоценозов при мониторинговых исследованиях видового состава ксилотрофной микобиоты. Поэтому изучение данной темы является актуальным.

В качестве объекта ООПТ Республики Крым ландшафтно-рекреационный парк регионального значения «Научный» Бахчисарайского района (Республика Крым, Россия) был создан 21 декабря 2011 года; его общая площадь составляет 965,0 га. Категория МСОП парка – V (Охраняемый ландшафт); расположен в Горном Крыму, пределах Внутренней гряды Крымских гор. Парк «Научный» включает в себя несколько плоских вершин водораздела между реками Бодрак и Кача высотой около 600 м н.у.м. Территория парка вытянута с юго-запада на восток на 2–3 км, а с юга на север – на 2–2,5 км, в нее входят сильно расчлененные облесенные хребты и балки. Как видно из данных рисунка 1, с северо-западной стороны граница территории парка проходит вдоль бровки водораздела и прилегает к административным границам пгт. Научный [8]. Исследование видового состава ксилотрофной микобиоты ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» ранее никем не проводилось.

Целью исследования явилось изучение видового состава ксилотрофных грибов дендрофлоры ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный».





Рис. 1. Картосхема ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» (Республика Крым, Россия) [<https://wikimapia.org/#lang=ru&lat=44.723137&lon=34.040623&z=14&m=b&search=научный%20>] и информационный стенд.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Микологическое обследование проводилось маршрутно-экспедиционным способом на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» с октября 2021 года по июль 2023 года. Встречаемость ксилотрофных макромицетов (или показатель обилия вида) определяли с использованием шкалы Гааса [9]. Видовую идентификацию дереворазрушающих грибов проводили с использованием отечественных и зарубежных определителей и справочной литературы [10–13]. Таксономический статус видов грибов приведен согласно Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections [14], «Mycobank» [15] и «Index Fungorum» [16]; видовые названия и таксономическое положение древесных растений представлены в соответствии со сводкой «The Plant List» [17].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных микологических исследований нами было обнаружено 93 вида из 73 родов, 48 семейств, 17 порядков, 7 классов, 3 отделов и 2 царств грибов и грибоподобных организмов (ГРПО) дендрофлоры парка "Научный" (табл. 1). Царство Fungi представлено отделами Ascomycota и Basidiomycota; царство Amorphea включает в себя отдел Amoebozoa (ГРПО). Доминирующим по количеству видов является отдел Basidiomycota – 79 видов и 63 рода (85,0 % и 85,1 %, соответственно), второе место занимает отдел Ascomycota – 10 видов и 7

родов (10,8 % и 9,5 %) и на третьем месте находятся отдел Амоевозоа – 4 вида и 4 рода (4,2 % и 5,4 % соответственно) (табл. 1).

**Таблица 1**

**Таксономический состав ксилотрофных макромицетов дендрофлоры ландшафтно-рекреационного парка "Научный"**

Отдел грибов и грибоподобных организмов (ГРПО)	Количество				Доля от общего числа родов, %	Количество видов	Доля от общего числа видов, %
	классов	порядков	семейств	родов			
Амоевозоа (ГРПО)	2	4	4	4	5,4	4	4,2
Ascomycota	3	4	7	7	9,5	10	10,8
Basidiomycota	2	9	36	63	85,1	79	85,0
<b>Всего</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>48</b>	<b>74</b>	<b>100,0</b>	<b>93</b>	<b>100,0</b>

Список видов ксилотрофных грибов, зафиксированных на территории ландшафтно-рекреационного парка «Научный», приводится ниже. Обилие вида гриба по шкале Гааса указано в скобках после видового названия.

**Отдел *Basidiomycota***

**Класс *Agaricomycetes***

**Порядок *Boletales***

**Семейство *Tapinellaceae***

*Tapinella atrotomentosa* (Batsch) Šutara (+), 05.07.2023, обнаружен Е. И. Давыденко.

**Порядок *Cantharellales***

**Семейство *Cantharellaceae***

*Cantharellus cibarius* Fr. (+), 29.06.2022.

**Порядок *Polyporales***

**Семейство *Phanerochaetaceae***

*Porostereum spadiceum* (Pers.) Hjortstam & Ryvarden (+), 26.11.2022.

**Семейство *Ischnodermataceae***

*Ischnoderma benzoinum* (Wahlenb.) P. Karst. (+), 02.04.2022.

**Семейство *Tubariaceae***

*Flammulaster muricatus* (Fr.) Watling, (+), 06.07.2023.

*Tubaria furfuracea* (Pers.) Gillet (1), 07.10.2021.

**Семейство *Polyporaceae***

*Fomes fomentarius* (L.) Fr. (2), 23.11.2021; 25.04.2022; 26.03.2023.

*Daedaleopsis confragosa* (Bolton) J. Schröt. (1), 11.10.2021; 02.04.2022.

*Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. (2), 07.10.2021; 28.05.2022; 02.04.2022; 08.07.2023.

*Trichaptum biforme* (Fr.) Ryvarden (+), 02.04.2022.

*Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd (1), 25.04.2022; 05.11.2022.

*Trametes suaveolens* (L.) Fr. (1), 23.11.2021; 26.11.2022.

*Lenzites betulinus* (L.) Fr. (+), 02.04.2022.

*Lentinus arcularius* (Batsch) Zmitr. (+), 28.05.2022.

*Cerioporus squamosus* (Huds.) Quél. (+), 28.05.2022.

**Семейство Fomitopsidaceae**

*Daedalea quercina* (L.) Pers. (+), 02.04.2022.

**Семейство Gelatoporiaceae**

*Cinereomyces lindbladii* (Berk.) Jülich (1), 26.11.2022.

**Семейство Meruliaceae**

*Phlebia rufa* (Pers.) M.P. Christ. (1), 29.06.2022; 14.01.2023.

*Mycoacia fuscoatra* (Fr.) Donk (1), 29.06.2022; 14.01.2023.

**Семейство Irpicaceae**

*Irpex litschaueri* (Bourdot & Galzin) Kotir. & Saaren. (+), 26.03.2023.

**Семейство Dacrybolaceae**

*Postia tephroleuca* (Fr.) Jülich (+), 14.01.2023.

*Dacryobolus karstenii* (Bres.) Oberw. ex Parmasto (+), 14.01.2023.

**Порядок Russulales**

**Семейство Stereaceae**

*Stereum rugosum* Pers. (2), 28.05.2022; 05.11.2022; 26.03.2023.

*Stereum hirsutum* (Willd.) Pers. (5), 11.10.2021; 7.10.2021; 29.06.2022; 28.05.2022; 23.11.2021; 14.01.2023; 26.03.23.

*Stereum ostrea* (Blume & T. Nees) Fr. (+), 11.10.2021.

*Stereum subtomentosum* Pouzar (+), 28.05.2022.

**Семейство Peniophoraceae**

*Asterostroma cervicolor* (Berk. & M.A. Curtis) Masee (1), 26.03.2023.

**Порядок Auriculariales**

**Семейство Auriculariaceae**

*Auricularia mesenterica* (Dicks.) Pers. (3), 11.10.2021; 25.04.2022; 26.03.2023,

*Exidia glandulosa* (Bull.) Fr. (1), 14.01.2023; 26.03.2023.

**Порядок Agaricales**

**Семейство Mycenaceae**

*Atheniella flavoalba* (Fr.) Redhead, Moncalvo, Vilgalys, Desjardin & B.A. Perry (+), 07.10.2021.

*Mycena leaiana* (Berk.) Sacc (+), 28.05.2022.

*Mycena renati* Quél. (+), 29.06.2022.

*Mycena epipterygia* (Scop.) Gray (+), 29.06.2022.

*Mycena leptcephala* (Pers.) Gillet (+), 28.05.2022.

*Mycena arcangeliana* Bres (+), 29.06.2022.

**Семейство Crepidotaceae**

*Crepidotus variabilis* (Pers.) P. Kumm (+), 11.10.2021.

*Crepidotus mollis* (Schaeff.) Staude (+), 14.01.2023.

**Семейство Pleurotaceae**

*Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél. (+), 11.10.2021.

*Resupinatus poriaeformis* (Pers.) Thorn, Moncalvo & Redhead (+), 26.03.2023.

*Hohenbuehelia petaloides* (Bull.) Schulzer (+), 28.05.2022.

**Семейство Schizophyllaceae**

*Schizophyllum commune* Fr. (3), 26.11.2022; 25.04.2022; 14.01.2023; 26.03.2023.

**Семейство Nidulariaceae**

*Crucibulum laeve* (Huds.) Kambly (+), 14.01.2023.

**Семейство Bolbitiaceae**

*Conocybe brunnea* J.E. Lange & Kühner ex Watling (+), 07.10.2021.

**Семейство Cortinariaceae**

*Cortinarius alboviolaceus* (Pers.) Zawadzki (+), 07.10.2021.

**Семейство Fistulinaceae**

*Fistulina hepatica* (Schaeff. Fr.) Sibth (+), 07.10.2021.

**Семейство Psathyrellaceae**

*Coprinopsis picacea* (Bull.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo (+), 07.10.2021.

*Coprinellus radians* (Desm.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson (+), 07.10.2021.

*Coprinellus disseminatus* (Pers.) J.E. Lange (+), 29.06.2022.

*Coprinellus micaceus* (Bull.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson (+), 29.06.2022.

*Psathyrella fatua* (Fr.) Konrad & Maubl. (+), 29.06.2022.

*Candollemyces candolleanus* (Fr.) D. Wächt. & A. Melzer (+), 28.05.2022.

**Семейство Pluteaceae**

*Pluteus petasatus* (Fr.) Gillet (+), 07.10.2021.

*Pluteus semibulbosus* (Lasch) Quél (+), 07.10.2021.

*Pluteus cervinus* (Schaeff.) P. Kumm. (+), 29.06.2022.

**Семейство Radulomycetaceae**

*Radulomyces confluens* (Fr.) M.P. Christ. (+), 07.10.2021.

*Radulomyces molaris* (Chaillet ex Fr.) M.P. Christ. (+), 28.05.2022.

**Семейство Porotheleaceae**

*Phloeomana hiemalis* (Osbeck) Redhead (1), 28.05.2022.

**Семейство Hymenogastraceae**

*Galerina hypnorum* (Schrank) Kühner (1), 29.06.2022; 14.01.2023.

*Gymnopilus hybridus* (Gillet) Maire (+), 29.06.2022.

**Семейство Physalacriaceae**

*Flammulina velutipes* (Curtis) Singer (1), 14.01.2023.

*Strobilurus esculentus* (Wulfen) Singer (+), 02.04.2022.

*Cylindrobasidium evolvens* (Fr.) Jülich (+), 26.11.2022.

**Семейство Strophariaceae**

*Agrocybe praecox* (Pers.) Fayod (+), 28.05.2022.

*Hypholoma fasciculare* (Huds.) P. Kumm. (+), 29.06.2022.

**Семейство Hygrophoraceae**

*Lichenomphalia umbellifera* (L.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys (+), 14.01.2023.

**Семейство Omphalotaceae**

*Collybiopsis ramealis* (Bull.) Millsp. (1), 14.01.2023.

*Mycetinis scorodoni* (Fr.) A.W. Wilson & Desjardin (+), 14.01.2023.

**Семейство Marasmiaceae**

*Marasmius epiphyllus* (Pers.) Fr. (+), 26.11.2022.

*Marasmius bulliardii* Quél. (+), 29.06.2022.

**Порядок Hymenochaetales**

**Семейство Hymenochaetaceae**

*Phellinus igniarius* (L. Fr.) Quél. (2), 11.10.2021; 02.04.2022; 26.03.2023.

*Hymenochaete rubiginosa* (Dicks.) Lév. (1), 14.01.2023.

*Fomitiporia robusta* (P. Karst.) Fiasson & Niemelä (+), 25.04.2022.

*Fuscoporia torulosa* (Pers.) T. Wagner & M. Fisch. (+), 02.04.2022.

*Fuscoporia contigua* (Pers.) G. Cunn. (+), 26.11.2022.

**Семейство Охурогасеae**

*Охурорус corticola* (Fr.) Ryvarden (+), 07.10.2021.

**Семейство Schizoporaceae**

*Xylodon radula* (Fr.) Tura, Zmitr. Wasser & Spirin (+), 07.10.2021.

*Xylodon raduloides* Riebesehl & Langer (+), 29.06.2022.

**Порядок Atheliales**

**Семейство Atheliaceae**

*Piloderma bicolor* (Peck) Jülich (+), 26.03.2023.

**Класс Tremellomycetes**

**Порядок Tremellales**

**Семейство Tremellaceae**

*Tremella mesenterica* Retz. (1), 02.04.2022; 14.01.2023.

**Отдел Ascomycota**

**Класс Sordariomycetes**

**Порядок Xylariales**

**Семейство Graphostromataceae**

*Biscogniauxia granmoi* Lar.N. Vassiljeva (+), 25.04.2022.

**Семейство Нурохуласеae**

*Нурохылон fuscum* (Pers.) Fr. (+), 26.03.2023.

*Нурохылон macrosporum* P. Karst. (+), 26.03.2023.

**Семейство Diatrypaceae**

*Diatrype stigma* (Hoffm.) Fr. (+), 26.03.2023.

*Diatrypella quercina* (Pers.) Cooke (+), 28.05.2022.

**Семейство Хилариасеae**

*Xylaria longipes* Nitschke (+), 07.10.2021.

**Класс Leotiomycetes**

**Порядок Helotiales**

**Семейство Lachnaceae**

*Perrotia flammea* (Alb. & Schwein.) Boud. (+), 26.11.2022.

**Порядок Нуросреales**

**Семейство Нуросреасеae**

*Trichoderma sp.* (4), 07.10.2021; 26.11.22; 26.03.2023.

**Класс Pezizomycetes**

**Порядок Pezizales**

**Семейство Pezizaceae**

*Peziza varia* (Hedw.) Alb. & Schwein. (+), 28.05.2022.

*Peziza brunneoatra* Desm. (+), 29.06.2022.

**Грибоподобные организмы**

**Отдел Amoebozoa**

**Класс Protostelida**

**Порядок Ceratiomycetales**

**Семейство Ceratiomyxidaceae**

*Ceratiomyxa fruticulosa* T. Macbr. (+), 28.05.2022.

**Порядок Trichiales**

**Семейство Trichiaceae**

*Trichia decipiens* (Pers.) T. Macbr. (+), 29.06.2022.

**Класс Mucogastrea**

**Порядок Liceales**

**Семейство Reticulariaceae**

*Lycogala epidendrum* (J.C. Vuxb. ex L.) Fr. (1), 25.04.2022; 29.06.2022.

**Порядок Stemonitidales**

**Семейство Stemonitidaceae**

*Stemonitis splendens* Rostaf. (+), 29.06.2022.

Нами изучались не только видовой состав грибов-ксилотрофов, но и их приуроченность к типу субстрата и видам деревьев и кустарников, на которых они были обнаружены. Из общего количества зафиксированных видов грибов 75 видов были обнаружены исключительно на мертвой древесине, что составляет 80,6 % от общего количества ксилотрофов парка (рис. 2). В данной группе доминируют представители семейства Polyporaceae (7 видов), на втором месте находится семейство Мусенасеае (6 видов), на третьем семейство Psathyrellaceae (5 видов). По три вида содержат представители семейств Physalaciaceae и Нуменохасеае. По два вида ксилотрофов – Дагроболасеае, Стереасеае, Срепидотасеае, Плеуротасеае, Плутеасеае, Радуломусетасеае, Нуменогастрасеае, Строфарасеае, Омфалотасеае, Марасмиасеае, Шизопорасеае, Тубариасеае, Нурохиласеае, Диатрипасеае, Пеизасеае, соответственно. И, наконец, по одному виду, соответственно представлены семейства Нуднасеае, Тапинелласеае, Фанерохаеасеае, Мерулиасеае, Исхнодерматасеае, Фомитопсидасеае, Пенифорасеае, Ауркулярисеае, Нидуларисеае, Волбитисеае, Кортинарисеае, Поротелеасеае, Нигрофорасеае, Ателиасеае, Графостроматасеае, Хиларисеае, Лачнасеае, Цератиомухидасеае, Трихийдасеае, Ретикуларийдасеае, Стемонитидасеае.

Исключительно на живой древесине было найдено 10 видов ксилотрофных грибов, что составляет 10,8 % от общего числа. В данной группе ксилотрофов, являющихся паразитами растений, доминируют представители семейства Нуменохасеае (2 вида). По одному виду представлены семейства Тремелласеае,

Охурорасеае, Плутеасеае, Псатхирелласеае, Фистулинасеае, Плуротасеае, Ирпикасеае, Мерулиасеае, соответственно.

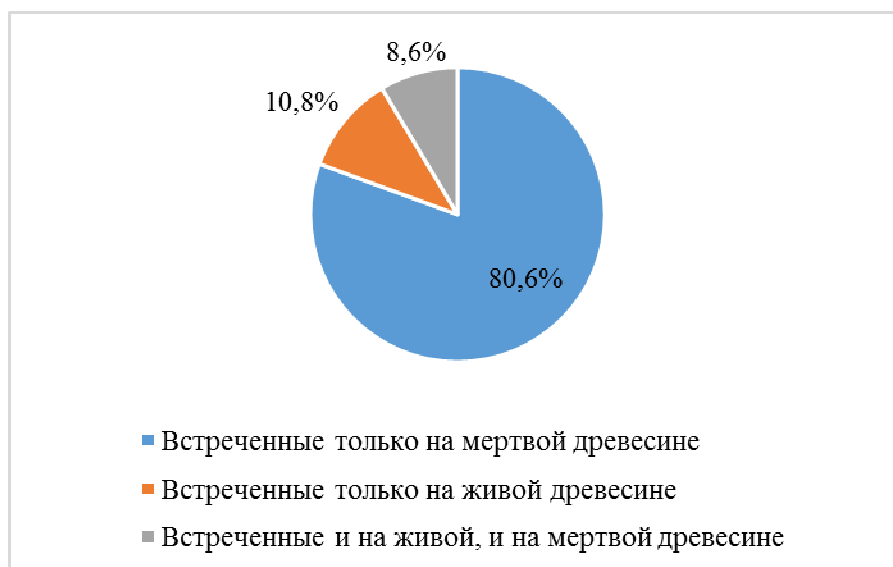


Рис. 2. Приуроченность ксилотрофных макромицетов ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» к типу субстрата, %.

Восемь видов дереворазрушающих грибов было обнаружено как на живой, так и на мертвой древесине, что составляет 8,6 % от общего числа (рис. 2). В данной группе доминируют представители семейств Polyporaceae и Stereaceae (2 вида). Одним видом представлены семейства Meruliaceae, Auriculariaceae, Schizophyllaceae, Нуросеасеае. Анализ эколого-трофической специализации грибов-ксилотрофов показал, что большая часть видов макромицетов (83 вида) предпочитало или было способно расти на мертвой древесине, что составляет 89,2 % от общего количества обнаруженных видов.

Поскольку вся исследуемая территория регионального парка, за исключением собственно территории пгт. Научный, покрыта преимущественно дубово-грабовыми лесами, большая часть находок грибов-ксилотрофов была обнаружена на следующих видах деревьев: *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. (21 вид), в меньшей степени были выявлены дереворазрушающие грибы и на других видах деревьев: *Q. pubescens* L. (4 вида), *Carpinus betulus* L. (6) и *C. orientalis* Mill. (3), *Salix fragilis* Mill. (4), *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe (3), *Pyrus elaeagnifolia* Pall. (3), а остальные виды деревьев поражали по 1-2 вида ксилотрофов. Был также обнаружен гриб, развивающийся на еловых шишках (*Picea abies* (L.) H. Karst) – *Cortinarius alboviolaceus*.

Собранные за время исследования виды макромицетов были классифицированы по четырем общепринятым в классификации грибов категориям: несъедобные, условно съедобные, съедобные и ядовитые (рис. 3).

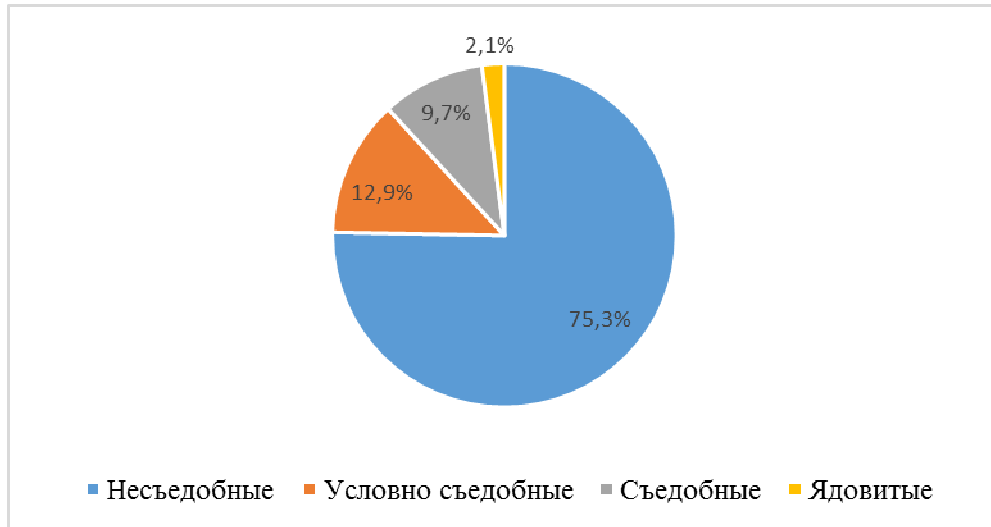


Рис. 3. Соотношение категорий (несъедобные, условно съедобные, съедобные и ядовитые) ксилотрофных макромицетов ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный», %.

По количеству видов первое место занимает группа несъедобных грибов. В нее входит 70 из найденных видов, что составляет 75,3 % от общего количества. По количеству видов в данной группе лидирует семейство Polyporaceae (7 видов), на втором – семейство Мусенасеае (6 видов), на третьем – семейство Нуменохаетасеае (5 видов). Семейство Stereaceae и Psathyrellaceae содержат 4 вида. Три вида содержит семейство Meruliaceae. По два вида содержат семейства Dacryobolaceae, Radulomycetaceae, Marasmiaceae, Schizoporaceae, Нурохыласеае, Diatrypaceae и Pezizaceae. И единичным видом представлены семейства Phanerochaetaceae, Irpicaceae, Fomitopsidaceae, Peniophoraceae, Crepidotaceae, Pleurotaceae, Nidulariaceae, Volbitiaceae, Pluteaceae, Tubariaceae, Porotheleaceae, Нуменогастрасеае, Physalacriaceae, Нугрофороасеае, Omphalotaceae, Охурогаасеае, Atheliaceae, Graphostromataceae, Xylariaceae, Lachnaceae, Нурокреасеае, Ceratiomyxidaceae, Trichiidaceae, Reticulariidaceae и Stemonitidaceae.

На втором месте по количеству видов находится группа условно съедобных грибов. Она содержит 12 видов, что составляет 12,9 % от общего количества. По количеству видов в данной группе лидируют семейства Polyporaceae и Psathyrellaceae (каждое из них содержит 2 вида). Единичным видом представлены семейства Auriculariaceae, Crepidotaceae, Ischnodermataceae, Pleurotaceae, Schizophyllaceae, Cortinariaceae, Pluteaceae и Physalacriaceae (рис. 3).

Группа съедобных грибов занимает 3 место по количеству видов. Она содержит 9 видов, что составляет 9,7 % от общего количества. Данная группа представлена представителями семейств Hydniaceae, Pleurotaceae, Fistulinaceae, Pluteaceae, Physalacriaceae, Strophariaceae, Omphalotaceae и Tremellaceae, каждое из которых представлено по одному виду соответственно.



И, наконец, группа ядовитых грибов содержит 2 вида грибов, что составляет 2,1 % от общего количества. Данная группа представлена представителями семейств *Hymenogastreae*, *Strophariaceae*, каждое из которых представлено по одному виду (рис. 3).

Исследования носили круглогодичный характер, благодаря чему нами были зафиксированы виды, формирующие спороносные структуры в разное время года. При этом большинство видов грибов согласно шкале Гааса обнаруживались только в одном месте и более не встречались за все время наблюдений и были приурочены к определенному времени года. К таким видам грибов можно отнести – *Cortinarius alboviolaceus*, *Crepidotus mollis*; *C. variabilis*, *Cantharellus cibarius* (рис. 4 Б), *Ceratomyxa fruticulosa*, *Cerioporus squamosus*, *Cinereomyces lindbladii*, *Collybiopsis ramealis*, *Conocybe brunnea*, *Coprinellus disseminates*, *C. micaceus*, *C. radians*, *Coprinopsis picacea* (рис. 10 Б), *Cylindrobasidium evolvens*, *Dacryobolus karstenii*, *Daedalea quercina*, *Diatrype stigma*, *Diatrypella quercina*, *Fistulina hepatica* (рис. 5), *Flammulaster muricatus* (рис. 6), *Crucibulum leave* (рис. 9 А) и другие.



А

Б

Рис. 4. Плодовые тела *Mycena leaiana* (Berk.) Sacc (А) и *Cantharellus cibarius* Fr. (Б) на опаде [фото автора].

Ряд видов дереворазрушающих грибов нами были обнаружены не менее двух раз в ходе исследований – *Daedaleopsis confragosa*, *Exidia glandulosa* (рис. 7 Б), *Lycogala epidendrum* (рис. 8 Б), *Galerina hypnorum*, *Mycocacia fuscoatra*, *Phlebia rufa* и др.

Следует отметить ряд видов грибов-ксилотрофов, которые встречались достаточно регулярно – *Auricularia mesenterica*; *Fomes fomentarius*; *Ganoderma*

*lucidum* (рис. 9 Б); *Phellinus igniarius*; *Schizophyllum commune*; *Stereum hirsutum*; *Stereum rugosum*.

К наиболее часто встречающимся видам грибов-ксилотрофов парка можно отнести: *Stereum hirsutum* – всюду, часто, *Trichoderma sp.* – во многих местах; *Schizophyllum commune* и *Auricularia mesenterica* – неравномерно, рассеянно. А такие виды ксилотрофов, как: *Stereum rugosum*, *Phellinus igniarius* и *Fomes fomentarius* согласно градации шкалы Гааса встречались довольно рассеяно.



А

Б

Рис. 5. Плодовое тело *Fistulina hepatica* (Schaeff. Fr.) Sibth: А – внешний вид плодового тела, Б – трубчатый гименофор [фото автора].

К наименее обильным по встречаемости видам ксилотрофных макромицетов можно отнести: *Trametes hirsuta*, *T. suaveolens*, *Mycena leaiana* (рис. 4 А), *Flammulaster muricatus* (рис. 6), *Phloeomana hiemalis*, *Phlebia rufa*, *Stemonitis splendens* (рис. 8 А), *Lycogala epidendrum* (рис. 8 Б), *Cinereomyces lindbladii*, *Daedaleopsis confragosa*, *Galerina hypnorum*, *Hymenochaete rubiginosa*, *Crucibulum laeve* (рис. 9 А), *Perrotia flammea* (рис. 10 А), *Coprinopsis picacea* (рис. 10 Б) и другие виды, встречающиеся в виде единичных экземпляров, либо редкими локальными скоплениями.

Морфология плодовых тел грибов-ксилотрофов весьма разнообразна. Так, например, для *Xylaria longipes* характерны булавовидные плодовые тела с закругленным концом от 2 до 8 см в высоту (рис. 7 А), при этом цвет с возрастом меняется от оттенков бело-серого и коричневого до черного и по мере старения поверхность плодового тела растрескивается. А, например, для *Exidia glandulosa* характерно мозговидное, тонкоскладчатое, гладкое, блестящее плодовое тело желатинозной консистенции (рис. 7 Б).



Рис. 6. Плодовое тело *Flammulaster muricatus* (Fr.) Watling на опаде, высота плодового тела – 0,9 см [фото С.В. Леонова].



А

Б

Рис. 7. Плодовые тела *Xylaria longipes* Nitschke (А) и *Exidia glandulosa* (Bull.) Fr. на опавшем стволе (Б) [фото автора].



Рис. 8. Плодовые тела *Stemonitis splendens* Rostaf. (А) и *Lycogala epidendrum* (J.C. Vixb. ex L.) Fr. (Б) на опавшем стволе [фото автора].



Рис. 9. Плодовые тела *Crucibulum laeve* (Huds.) Kambly (А) на опаде (А) и *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst. (Б) [фото автора].



Рис. 10. Плодовые тела *Perrotia flammea* (Alb. & Schwein.) Boud. (А) и *Coprinopsis picacea* (Bull.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo (Б) на трухлявой древесине [фото автора].

Среди собранных макромицетов была выделена группа лекарственных грибов-ксилотрофов, которая содержит 14 видов, что составляет 15,1 % от общего числа видов. Так, например, *Lenzites betulina* – обладает антиоксидантной, противоопухолевой, антимикробной, иммунодепрессантной и антивирусной активностью (рис. 11).



Рис. 11. Плодовое тело *Lenzites betulina* (Batsch) Zmitr. на опаде.

Среди обнаруженных видов грибов зафиксирован *Ganoderma lucidum*, входящий в Красную книгу Крыма [18] и Российской Федерации [19] (рис. 9 Б). Нами также был обнаружен довольно редкий вид – *Fistulina hepatica*, входящий в Красную книгу 12-ти регионов России (рис. 5).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» обнаружено 93 вида ксилотрофных макромицетов, относящихся к 47 семействам, 17 порядкам, 7 классам, 3 отделам и 2 царствам грибов и грибоподобных организмов. Ведущее место по количеству видов занимает отдел настоящих грибов Basidiomycota, к которому относятся 79 видов, что составляет 85,0 % от общего количества. Анализ эколого-трофической специализации грибов-ксилотрофов показал, что большая часть видов макромицетов (83 вида) предпочитало или было способно расти на мертвой древесине, что составляет 89,2 % от общего количества обнаруженных видов. Установлена динамика плодоношения и встречаемость ксилотрофных грибов по шкале Гааса; выявлены наиболее часто встречающиеся виды ксилотрофных макромицетов дендрофлоры на территории ландшафтно-рекреационного парка «Научный». Проведен анализ обнаруженных видов дереворазрушающих грибов по категориям съедобности. Группа несъедобных грибов занимает первое место по количеству видов (70), что составляет 75,3 % от общего числа видов; группа условно съедобных грибов представлена 12 видами, что составляет 12,9 %; группа съедобных грибов включает 9 видов, что составляет 9,7 % и группа ядовитые грибы представлена 2 видами, что составляет 2,1 % от общего количества обнаруженных видов. Среди собранных ксилотрофных макромицетов было выделено 14 видов, относящихся к лекарственным грибам, что составляет 15,1 % от общего числа видов. Обнаружены виды грибов-ксилотрофов, занесенные в Красную книгу Республики Крым (1) и в Красную книгу Российской Федерации (1). Нами также был обнаружен довольно редкий вид – *Fistulina hepatica*, входящий в Красную книгу 12-ти регионов России.

### Список литературы

1. Мухин В. А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины / В. А. Мухин. – Екатеринбург : УИФ «Наука», 1993. – 231 с.
2. Бондарцев А. С. Трутовые грибы европейской части СССР и Кавказа / А. С. Бондарцев. – М.-Л. : АН СССР, 1953. – 1108 с.
3. Palizi P. Potential of oyster mushrooms for the biocontrol of sugar beet nematode (*Heterodera schachtii*) / P. Palizi, E. M. Goltapeh, E. Pourjam, N. Safaie // Journal of Plant Protection Research / Department of Plant Pathology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, P.O. Box: 14115-336, Tehran, Iran, 2009. – Vol. 49, № 1. – P. 27–33.
4. Капич А. Н. Перспективы биоремедиации с использованием дереворазрушающих базидиальных грибов / А. Н. Капич // Экологический вестник. – 2013. – № 3. – С. 19–24.
5. Капич А. Н. Прооксидантные энзиматические системы грибного происхождения, катализирующие разрушение органических загрязнителей / А. Н. Капич, Т. В. Корнейчик, Ю. А. Вишневецкая // Экологический вестник. – 2013. – № 2. – С. 41–46.

6. Большаков С. Ю. О дереворазрушающих грибах. / С. Ю. Большаков // Заповедник. – 2014. – № 6. – С. 57.
7. Чайка А. В. Грибная трансформация древесных опилок с получением стимуляторов роста растений / А. В. Чайка, Д. Ю. Михайлова // Технологии переработки отходов с получением новой продукции. – Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 24 ноября 2021 года. – Киров: Вятский государственный университет, 2021. – С. 173–175.
8. ООПТ России [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oopt.aari.ru/oopt/Научный> (дата обращения: 10.07.2023).
9. Леонтьев Д. В. Флористический анализ в микологии: учебник для студентов высших учебных заведений. / Д. В. Леонтьев – Харьков : ПП “Ранок-НТ”, 2008. – 110 с.
10. Ниемеля Т. Трутовые грибы Финляндии и прилегающей территории России / Т. Ниемеля. – Хельсинки : изд-во Хельсин. ун-та, 2001. – 120 с.
11. Саркина И. С. Грибы знакомые и незнакомые. Справочник-определитель грибов Крыма / И. С. Саркина. – 2-е издание: уточненное и дополненное // Симферополь: Бизнес-Информ, 2013. – 440 с.
12. Стороженко В. Г. Атлас-определитель дереворазрушающих грибов лесов Русской равнины / В. Г. Стороженко, В. И. Крутов, А. В. Руколайнен, В. М. Коткова, М. А. Бондарцева – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 198 с.
13. Змитрович И. В. Порядок Афилофоровые. Вып. 3. Семейства Ателиевые и Амилокортициевые. Определитель грибов России/ И. В. Змитрович // М.–СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. — 278 с.
14. Fungal Databases. [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>(дата обращения: 12.07.2023).
15. Mycobank Database [электронный ресурс]. 2004. Режим доступа: <http://www.mycobank.org> (дата обращения: 09.07.2023).
16. Index Fungorum [электронный ресурс]. 2003. Режим доступа: <http://www.indexfungorum.org> [веб-сайт, версия 1.00] (дата обращения: 12.07.2023).
17. The Plant List [электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org> / (дата обращения: 06.07.2023).
18. 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. – 480 с.
19. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М. В. Ломоносова; Гл. редколл. : Ю. П. Трутнев и др.; Сост. Р. В. Камелин и др. – М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2008. – 855 с.

## XYLOTROPHIC MYCOBIOTA OF THE LANDSCAPE RECREATIONAL PARK OF REGIONAL VALUE "NAUCHNY", REPUBLIC OF CRIMEA

*Prosyannikova I. B., Alexeyeva A. I.*

*Federal V.I. Vernadsky Crimean University, Simferopol, Russia  
E-mail: [aphanisomenon@mail.ru](mailto:aphanisomenon@mail.ru)*

Xylotrophic mycobiota are an extremely important component of any forest community. Possessing a powerful complex of enzymes, they decompose wood, splitting lignin and cellulose, thereby releasing bound carbon and completing its cycle in nature. This allows us to talk about xylotrophic fungi as organisms that play an extremely

important role in ecosystems [1]. Mycological examination was carried out by route-expedition method on the territory of the landscape and recreational park of regional value "Nauchny" from October 2021 to July 2023.

The occurrence of xylotrophic macromycetes (or the abundance index of the species) was determined using the Gaas scale [9]. Species identification of wood-destroying fungi was carried out using domestic and foreign determinants and reference literature [10–13]. The taxonomic status of fungal species is given according to Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections [14], "Mycobank" [15] and "Index Fungorum" [16]; species names and taxonomic position of woody plants are presented in accordance with the summary "The Plant List" [17].

As a result of the conducted research, 93 species of xylotrophic macromycetes belonging to 48 families, 17 orders, 7 classes, 3 departments and 2 kingdoms of fungi and mushroom-like organisms were found on the territory of the landscape and recreational park of regional significance "Scientific". The leading place in the number of species is occupied by the department of true fungi Basidiomycota, which includes 79 species, which is 85.0 % of the total. An analysis of the ecological and trophic specialization of xylotrophic fungi showed that most of the macromycete species (83 species) preferred or were able to grow on dead wood, which is 89.2 % of the total number of species found. The dynamics of fruiting and the occurrence of xylotrophic fungi on the Gaas scale were established; the most common types of xylotrophic macromycetes of dendroflora on the territory of the landscape recreational park "Nauchny" were identified. The analysis of the detected types of wood-destroying fungi by categories of edibility was carried out. The group of inedible fungi ranks first in terms of the number of species (70), which is 75.3 % of the total number of species; the group of conditionally edible fungi is represented by 12 species, which is 12.9 %; the group of edible fungi includes 9 species, which is 9.7 % and the group of poisonous fungi is represented by 2 species, which is 2.1 % of the total the number of detected species. Among the collected xylotrophic macromycetes, 14 species belonging to medicinal fungi were identified, which is 15.1 % of the total number of species. Species of xylotrophic fungi listed in the Red Book of the Republic of Crimea (1) and in the Red Book of the Russian Federation (1) (*Ganoderma lucidum*) have been found. We also discovered a rather rare species – *Fistulina hepatica*, which is included in the Red Book of 12 regions of Russia

**Keywords:** xylotrophic mycobiota, landscape recreation park of regional value «Nauchny», Mountain Crimea.

#### References

1. Mukhin V. A. *Biota of xylotrophic basidiomycetes of the West Siberian plain* (UIF "Nauka", Yekaterinburg, 1993).
2. Bondartsev A. S. *Tinder fungi of the European part of the USSR and the Caucasus* (USSR Academy of Sciences, Moskow-Leningrad, 1953).
3. Palizi P., Goltapeh E. M., Pourjam E., Safaie N. Potential of oyster mushrooms for the biocontrol of sugar beet nematode (*Heterodera schachtii*), *Journal of Plant Protection Research, Department of Plant Pathology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, P.O. Box: 14115-336, Tehran, Iran*, **49**, 1, 27 (2009).



4. Kapich A. N. Prospects of bioremediation using wood-destroying basidial fungi, *Ecological Bulletin*, **3**, 19 (2013).
5. Kapich A. N., Korneychik T. V., Vishnevskaya Y. A. Prooxidant enzymatic systems of fungal origin catalyzing the destruction of organic pollutants, *Ecological Bulletin*, **2**, 41 (2013).
6. Bolshakov S. Y. About wood-destroying mushrooms, *Nature Reserve*, **6**, 57 (2014).
7. Chaika A. V., Mikhailova D. Y. Fungus transformation of sawdust with the production of plant growth stimulators. Waste processing technologies with the production of new products, *Materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Kirov, November 24, 2021. – Vyatka, State University Kirov*, 173 (2021).
8. *Protected areas of Russia* [electronic resource]. Access mode: <http://oopt.aari.ru/oopt/Nauchny> (reference date: 10.07.2023).
9. Leontiev D. V. Floristic analysis in mycology: textbook for students of higher educational institutions (PP “Ranok-NT”, Kharkiv, 2008).
10. Niemelya T. *Tinder mushrooms of Finland and the adjacent territory of Russia* (Helsing Publishing House. un-ta, Helsinki, 2001).
11. Sarkina I. S. *Mushrooms familiar and unfamiliar. Reference guide-determinant of mushrooms of the Crimea*. 2nd edition: updated and supplemented (Business-Inform, Simferopol, 2013).
12. Storozhenko V. G., Krutov V. I., Rukolaine A. V., Kotkova V. M., Bondartseva M. A. *Atlas-determinant of wood-destroying fungi of forests of the Russian plain* (Association of Scientific publications of the KMK, Moscow, 2014).
13. Zmitrovich I. V. *The order of the Aphylophores. Issue 3. The Atelium and Amylocorticium families. / Determinant of mushrooms of Russia* (Association of scientific publications of the KMK, Moscow – St. Petersburg:, 2008).
14. *Fungal Databases* [electronic resource]. Access mode: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (reference date: 12.07.2023).
15. *Mycobank Database* [electronic resource]. 2004. Access mode: <http://www.mycobank.org> (reference date: 09.07.2023).
16. *Index Fungorum* [electronic resource]. 2003. Access mode: <http://www.indexfungorum.org> [website, version 1.00] (reference date: 12.07.2023).
17. *The Plant List* [electronic resource]. 2013. Access mode: <http://www.theplantlist.org/> (reference date: 06.07.2023).
18. *The Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi*, Ed. by Doctor of Biological Sciences, prof. A. V. Ena and Candidate of Biological Sciences A. V. Fateryga (LLC "IT "ARIAL", Simferopol, 2015).
19. *The Red Book of the Russian Federation (Plants and Mushrooms) / Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation; Federal Service for Supervision in the Field of Nature Management; RAS; Russian Botanical Society; Lomonosov Moscow State University; Main Editorial Board: Y. P. Trutnev et al.; Comp. R. V. Kamelin et al.* (Comrade- in scientific. editions of the KMK, Moskow, 2008).

**УДК 582.284.11**

**ВЛИЯНИЕ ГОЛОВНЕВОГО ГРИБА *ANTHRACOIDEA CARYOPHYLLEAE*  
KUKKONEN НА СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ *CAREX CARYOPHYLLEA*  
LATOURL. (CYPERACEAE) В ГОРНОМ КРЫМУ**

*Присянникова И. Б., Турило А. Н.*

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь,  
Республика Крым, Россия  
E-mail: aphanisomenon@mail.ru*

В результате проведенных исследований на пробной площади, расположенной на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» (Республика Крым, Россия, площадь – 965 га) составлен конспект флоры, проанализирована его ареалогическая, биоморфная, соэкологическая и ресурсная характеристика. Выявлено 117 видов высших растений из 93 родов и 37 семейств отдела высших сосудистых растений (Magnoliophyta), что составляет 4,6 % от 2536 видов флоры Крыма. Впервые исследованы численность, распространенность и интенсивность поражения головневым грибом *Anthracoidea caryophylleae* ценопопуляции питающего растения *Carex caryophyllea*. Выявлено, что пик заболеваемости растений приходится на май и в этот период распространенность заболевания составляет 68 %, а интенсивность болезни достигает своего максимального значения – 42 %. Сопоставление фенологического спектра *C. caryophyllea* с фазой формирования спороношения головневым грибом *Anthracoidea caryophyllea*, показало, что закладка устоспор и их распространение происходит в фазу массового цветения и плодоношения питающего растения (с первой декады мая по первую декаду июля).

**Ключевые слова:** растение-хозяин *Carex caryophyllea*, головневый гриб *Anthracoidea caryophylleae*, ландшафтно-рекреационный парк регионального значения «Научный», Горный Крым.

**ВВЕДЕНИЕ**

Умеренно-холодный и влажный климат Крымских гор с элементами средиземноморского климата способствует развитию флоры разнообразного видового состава и столь же разнообразной фитотрофной микобиоты. По уточненным современным данным порядок Головневые грибы (порядок Ustilaginales, класс Ustomycetes, отдел Basidiomycota) насчитывает около 1350 видов из более чем 68 родов, большей частью приуроченных к одному роду или виду растения и отличающихся узкой специализацией. В целом, они поражают свыше 4000 видов цветковых растений [1, 2]. Изучение взаимодействия фитопатогена (головневого гриба) и ценопопуляции питающего растения, а также закономерностей протекания их жизненных циклов, сроки и способы инфекции, анализ феноспектров ассоциированной пары гриб-растение является актуальной научной проблемой. По данным литературы [3] исследования взаимосвязей головневого гриба *Anthracoidea caryophylleae* Kukkonen и питающего растения *Carex caryophyllea* Latourr. (L.) в Горном Крыму ранее не проводились, в связи с чем

нами впервые был изучен флористический состав пробной площади, распространенность и интенсивность развития заболевания, вызываемые головневым грибом *A. caryophylleae* на *C. caryophyllea*, составлен фенологический спектр растения-хозяина и гриба-паразита.



Рис. 1. Локализация пробной площади: А – картографическое обозначение площади [<https://www.google.com/maps/>]; Б – внешний вид пробной площади [фото автора].

Целью нашего исследования явилось изучение влияния головневого гриба *A. caryophylleae* на состояние ценопопуляции *C. caryophyllea* (Сурегасеae) в Горном Крыму.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в течение вегетационного сезона 2022 года на одном из отрогов г. Сель-Бухра (658,2 м н.у.м.) в окрестностях пгт. Научный Бахчисарайского района Республики Крым на опушке дубово-грабового леса, на одной однородной пробной площади размером 15,0 x 81,0 м и общей площадью 1215 м<sup>2</sup> (рис. 1). Пробная площадь входит в состав ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный», объекта ООПТ (Республика Крым, Россия, площадь – 965 га) [4]. Категория МСОП парка – V (Охраняемый ландшафт). Природная растительность исследуемой площади представлена дубово-грабовым редколесьем, где питающее растение *C. caryophyllea* на полянах образует довольно крупные многочисленные куртины. На пробной площади нами были случайным образом выделены по 20 учетных площадок площадью 1 м<sup>2</sup>. На каждой учетной площадке в течение вегетационного периода с периодичностью в 30 дней производился подсчет особей *C. caryophyllea* и

определялась по общепринятой методике [5] фенологическая фаза, в которой находились растения, а также фиксировалось спороношение головного гриба *A. caryophylleae*. Видовую идентификацию фитопатогенов проводили с использованием отечественных и зарубежных определителей и справочной литературы [1, 2, 6]. Таксономический статус вида гриба приведен согласно сводкам: Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections [7], «Mycobank» [8] и «Index Fungorum» [9]; видовые названия и таксономическое положение растений-хозяев представлены в соответствии со сводками: «Плантариум» [10] и «The Plant List» [11]. Больные растения или их части гербаризировали с составлением стандартных этикеток [12]. Фотофиксацию спороношения гриба-паразита проводили с помощью фотонасадки, установленной на микроскоп медицинский прямой CX31RTSF, Olympus (Филиппины). Микроскопическая техника и оргтехника была приобретена в рамках реализации проекта Программы развития «Разработка сетевой образовательной программы по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки, направленности 03.02.08 Экология».

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За вегетационный сезон 2022 г. на территории пробной площади нами обнаружено и определено 117 видов из 93 родов и 37 семейств высших сосудистых растений, что составляет 4,6 % от 2536 видов флоры Крыма [13]. Для каждого вида растений были приведены следующие сведения: ареал, основная биоморфа, принадлежность к охраняемым и эндемичным видам, ресурсный потенциал. Было выявлено, что на территории пробной площади ведущими семействами высших растений по количеству видов являются семейства: Poaceae (Злаковые), представлены 17 видами, Asteraceae (Астровые) и Rosaceae (Розоцветные) (по 13 видов соответственно), Fabaceae (Бобовые) – 11 видами, Lamiaceae (Яснотковые) – 10 видами. Вышеперечисленные семейства играют значительную роль в сложении растительного покрова пробной площади. На остальные 32 семейства высших растений пробной площади приходится 56 вида.

Данные диаграммы, отраженные на рисунке 2 в виде процентного распределения семейств высших растений, свидетельствуют, что лидирующими семействами на территории пробной площади являются: Poaceae, Asteraceae, Rosaceae, Fabaceae и Lamiaceae, доля которых составляет 14,5 %, 11,1 %, 11,1 %, 9,4 % и 8,5 %, соответственно, что составляет 54,6 % от всего флористического состава высших растений пробной площади, расположенной на территории парка «Научный».

Доля других семейств, таких, как: Brassicaceae, Caryophyllaceae, Hyacinthaceae составляет, соответственно по 3,4 %. А на такие семейства высших растений, как Cistaceae, Cyperaceae, Scrophulariaceae, Valerianaceae процентное соотношение распределилось следующим образом: по 2,6 % соответственно; семейства Apiaceae, Cornaceae, Juncaceae, Oleaceae, Orchidaceae, Plantaginaceae, Rubiaceae составляют соответственно по 1,7 %; Asclepiadaceae, Betulaceae, Boraginaceae, Campanulaceae, Celastraceae, Convolvulaceae, Crassulaceae, Cuscutaceae, Euphorbiaceae, Fagaceae, Fumariceae, Geraniaceae, Hypericaceae, Polygalaceae, Polygonaceae, Primulaceae, Ranunculaceae и Santalaceae – по 0,8 % соответственно.

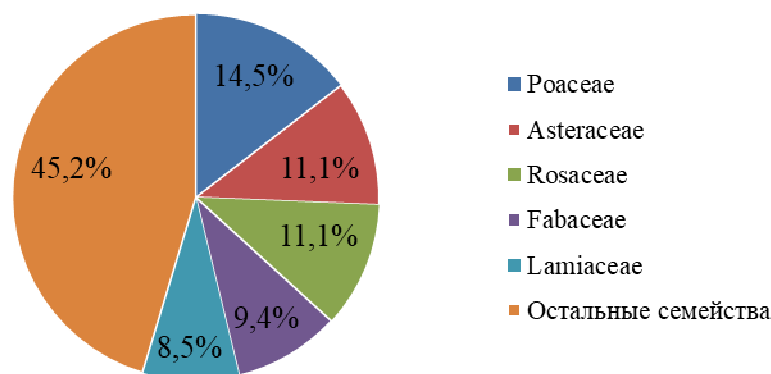


Рис. 2. Соотношение между семействами по видам высших растений, произрастающих на территории пробной площади ландшафтно-рекреационного парка «Научный», %.

Таким образом, на основании данных рисунка 2 можно сделать вывод, что доля ведущих семейств (Poaceae, Asteraceae, Rosaceae, Fabaceae и Lamiaceae) высших растений, играющих значительную роль в формировании растительных сообществ на территории пробной площади, составляет 54,6 % от общего количества зарегистрированных семейств, а вклад остальных 32 семейств равен 45,4 %.

По основной биоморфе виды растений пробной площади распределились следующим образом: 7 видов деревьев, 10 видов кустарников, 3 вида полукустарников, 12 видов полукустарничков, 58 видов поликарпических трав, 6 вид озимых однолетников, 5 видов яровых однолетников, 12 видов многолетних или двулетних монокарпиков, 2 вида многолетних или двулетних монокарпиков или озимых однолетников, 1 вид с биоморфой поликарпической травы или многолетнего или двулетнего монокарпика.

Выявлено, что на пробной площади произрастают 22 вида лекарственных растений, имеющих значительный ресурсный потенциал и включенных в официальную фармакопею Российской Федерации: *Agrimonia eupatoria* L., *Allium rotundum* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Campanula bononiensis* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medikus, *Chelidonium majus* L., *Cornus mas* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Erigeron orientalis* Boiss., *Eryngium campestre* L., *Fragaria vesca* L., *Galium mollugo* L., *Geum urbanum* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Inula ensifolia* L., *Inula oculus-christi* L., *Lepidium campestre* (L.) R. B., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Myosotis arvensis* (L.) Hill, *Polygonum aviculare* L., *Potentilla recta* L., *Quercus pubescens* Willd., *Vincetoxicum hirundinaria* Medik и др.[14]. Особо следует отметить, что на пробной площади обнаружены два вида растений, которые охраняются Красной книгой Республики Крым [15]: *Orchis mascula* (L.) L. и *Neotinea tridentata* (Scop.) R.M. Bateman, Pridgeon & M.W. Chase, что повышает ее соэологическую

значимость. Кроме того, одиннадцать произрастающих здесь видов растений можно отнести к эндемичным согласно монографии А. В. Ены [13]. Так, например, эндемиками Крыма являются: *Convolvulus tauricus* (Bornm.) Juz., *Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult., *Vincetoxicum hirundinaria* Medik. и др.

*Carex caryophyllea* – многолетняя поликарпическая трава, цветёт преимущественно в весенний период, является ксеромезофитом по отношению к водному режиму и гелиофитом по отношению к световому режиму; распространена только в Горном Крыму (ГК), по своей природе является аэропедофитом, по особенностям вегетации – собственно вечнозеленым видом и представляет собой довольно редкий вид для Крымского полуострова [16]. Осока гвоздичная – это многолетнее рыхлодерновинное растение. Корневища толщиной 1–1,5 мм, представленные до зоны кущения 8–14 междоузлиями, покрыты бурыми чешуевидными листьями и обычно погружены в почву на глубину 3–5 см. Корневая система взрослых растений образована обильно ветвящимися придаточными корнями, окраска которых зависит от их возраста. Длина корней 25–30 см, толщина – 1–1,2 мм. Основная масса корней располагается в слое почвы до 10–15 см [17]. Мешочки 2,3–2,5 мм в длину, густоопушенные, с ясно выраженным носиком. Чешуи колосков туповатые, короче мешочков (рис. 3).



Рис. 3. Мешочки *Carex caryophyllea* Latourg. (увел. x4,5).

Головневый гриб *A. caryophylleae* являясь облигатным паразитом для питающего растения *C. caryophyllea*, развивается в дикариотической фазе, вызывая поражение генеративных органов растения-хозяина, разрушая завязи у *C. caryophyllea*, формируя скопление устоспор, которые первоначально покрыты беловатой мицелиальной пленкой – перидием (рис. 4 А). После разрыва перидия устоспоры *A. caryophylleae* высвобождаются (рис. 4 Б) и далее могут в сухом состоянии сохранять свою всхожесть в течение нескольких лет, представляя собой потенциальный источник инфекции.

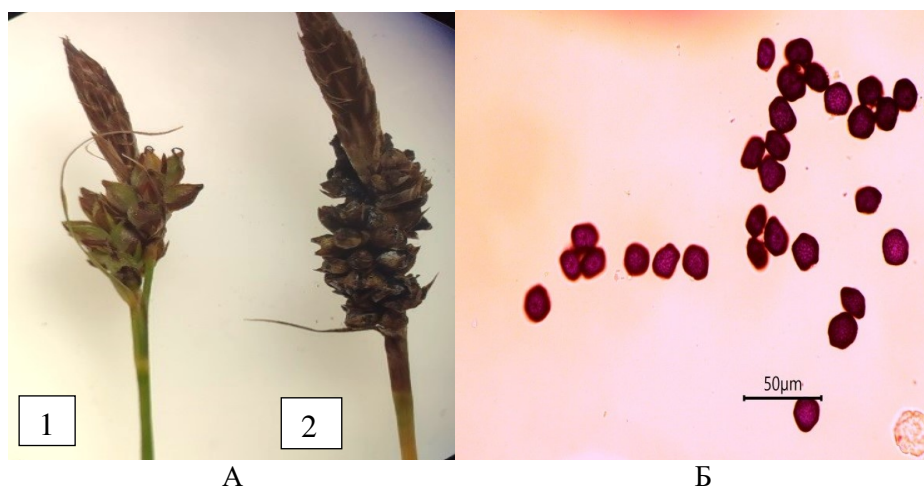


Рис. 4. Внешний вид здорового (1) и пораженного (2) соцветия Осоки гвоздичной (*Carex caryophylla*) – А; устоспоры головневого гриба *Anthracoidea caryophylleae* – Б.

В ходе вегетационного сезона 2022 года на пробной площади нами была исследована динамика численности растения-хозяина *C. caryophylla*, которая отражена на рис. 5. Согласно ее данным, среднее значение численности питающего растения за весь вегетационный сезон составило 53,9 особей/м<sup>2</sup>, при этом следует отметить, что данный показатель был подвержен некоторым колебаниям. Мы наблюдали снижение средней численности *C. caryophylla* с 65,05 особей/м<sup>2</sup> в мае до 49,6 особей/м<sup>2</sup> и до 47,2 особей/м<sup>2</sup> в июле 2022 года (на 18,3 особей/м<sup>2</sup> стало меньше, чем в мае).

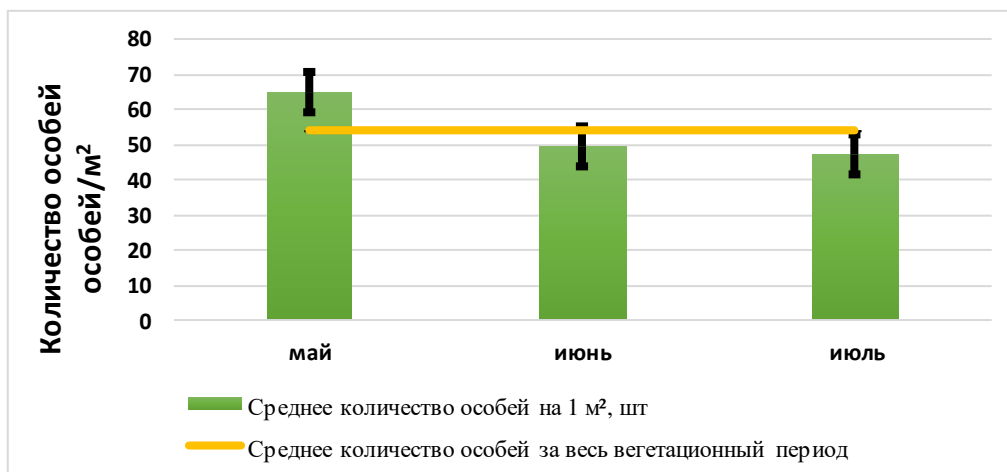


Рис. 5. Динамика численности особей *Carex caryophylla* на пробной площади.

Важно отметить, что ценопопуляция *C. caryophyllea* на заложенной нами пробной площади не испытывала существенного антропогенного влияния, такого как: покоса, выпаса скота, пирогенного фактора, в связи с чем численность *C. caryophyllea* была относительно стабильной на протяжении вегетационного сезона (рис. 4.4). Общее проективное покрытие травостоя участка составляет 90 %. В ходе проведения исследований, нами были получены данные по динамике распространения и интенсивности развития заболевания, вызванного *A. caryophylleae* на растении-хозяине *C. caryophyllea* (рис. 6).

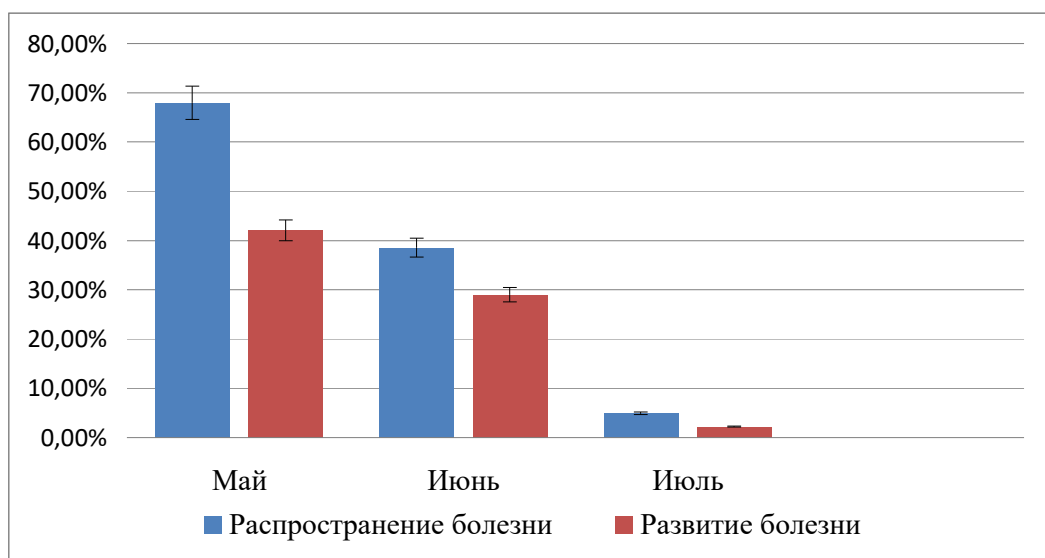


Рис. 6. Динамика распространения и интенсивности развития головневого гриба *Anthracoida caryophylleae* на растении-хозяине *Carex caryophyllea*.

Исходя из данных, приведенных на рисунке 6, пик заболевания растений-хозяев пришелся на май: в этот период распространенность заболевания составила 68 %, а интенсивность болезни достигла своего максимального значения – 42 % (рис. 6). К июню мы наблюдали уменьшение показателей распространенности и индекса развития (интенсивности) болезни, вызванной головневым грибом *A. caryophylleae* до 38,54 % и 29 %, соответственно. А в июле нами уже отмечено резкое снижение исследуемых показателей в связи с завершением жизненного цикла гриба-паразита и перехода его в состояние покоя в виде зимующих устоспор.

На пробной площади в течение вегетационного периода 2022 года с периодичностью, необходимой для проведения фенологических наблюдений, нами были описаны основные фенологические фазы *C. caryophyllea*. Ниже приведены полученные результаты, полученные с места локации пробной площади:

15.03.2022 г. – стадия вегетации, начало закладки и формирования листового аппарата;



30.04.2022 г. – бутонизация и начало цветения;

23.05.2022 г. – фаза массового цветения, начало плодоношения *C. caryophyllea*;

20.06.2022 г. – фаза массового созревания плодов;

24.07.2022 г. – фаза полного созревания плодов, их осыпание.

Анализ фенологических фаз *C. caryophyllea* показал, что начало вегетации приходится на первую-вторую декаду марта, фаза бутонизации и начало цветения растений наблюдается с третьей декады марта и по третью декаду апреля, к периоду массового цветения и началу созревания плодов растение приступает в течение мая. В июне наблюдается период массового созревания плодов. Полное созревание плодов (орешков) наблюдается в первой-второй декадах июля.

Сопоставление фенологического спектра *C. caryophyllea* с фазой закладки спороношения устоспор головневым грибом *A. caryophyllea*, показало, что формирование головневых спор под оболочкой перидия в женском соцветии осоки и их дальнейшее распространение происходит в фазу массового плодоношения (формирования мешочков и орешков внутри них) питающего растения. Это явление наблюдается в период с первой декады мая по первую декаду июля.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые составлен конспект флоры пробной площади, расположенной на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный», проанализирована его ареалогическая, биоморфная, созологическая и ресурсная характеристика. Выявлено 117 видов высших растений из 93 родов и 37 семейств отдела высших сосудистых растений (Magnoliophyta), что составляет 4,6 % от 2536 видов флоры Крыма [13]. На пробной площади произрастают 22 вида лекарственных растений, имеющих значительный ресурсный потенциал и включенных в официальную фармакопею Российской Федерации [14], выявлено 2 вида растений, включенных в Красную книгу Крыма [15] и 11 видов, являющихся эндемичными для полуострова [13]. Впервые исследована численность, распространенность и интенсивность поражения головневым грибом *A. caryophyllea* ценопопуляции питающего растения *C. caryophyllea*. Выявлено, что пик заболеваемости растений приходится на май и в этот период распространенность заболевания составляет 68 %, а интенсивность болезни достигает своего максимального значения – 42 %. Сопоставление фенологического спектра *C. caryophyllea* с фазой формирования спороношения головневым грибом *A. caryophyllea*, показало, что закладка устоспор и их распространение происходит в фазу массового цветения и плодоношения питающего растения (с первой декады мая по первую декаду июля).

### Список литературы

1. Каратыгин И. В. Определитель грибов СССР. Порядок Головневые. Семейство Устилаговые / И. В. Каратыгин, З. М. Азбукина. – Л. : Наука, 1989. – Вып. 1. – 220 с.
2. Vánky K. Biodiversity and conservation of smut fungi (Ustilaginomycetes p.p. and Microbotryales) reflected in Vánky, Ustilaginales exsiccata no. 1–1250. – Mycol. Balcan., 2004 – 1:175–187.

3. Дудка И. О. Грибы природных зон Крыма / И. О. Дудка, В. П. Гелюта, Ю. А. Тихоненко [и др.]. [під ред. І. О. Дудки]. – Киев : Фітосоціоцентр, 2004. – 452 с.
4. ООПТ России [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oort.aari.ru/oort/Научный> (дата обращения: 10.07.2023).
5. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И. Н. Бейдеман. – Новосибирск : Наука, 1974. – 155 с.
6. Vánky K. Smut Fungi of the World [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kalmanvanky.de/smut-fungi-world-1.html> (дата обращения: 11.07.2023).
7. Fungal Databases. [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (дата обращения: 12.07.2023).
8. Mycobank Database [электронный ресурс]. 2004. Режим доступа: <http://www.mycobank.org> (дата обращения: 09.07.2023).
9. Index Fungorum [электронный ресурс]. 2003. Режим доступа: <http://www.indexfungorum.org> [веб-сайт, версия 1.00] (дата обращения: 12.07.2023).
10. Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.plantarium.ru> (дата обращения 12.07.2023).
11. The Plant list [электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <http://www.theplantlist.org/> (дата обращения: 06.07.2023).
12. Благовещенская Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты: учебный определитель / Е. Ю. Благовещенская. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 240 с.
13. Ена А. В. Природная флора Крымского полуострова / А. В. Ена. – Симферополь : Н. Орианда, 2012. – 232 с.
14. XIV издание Государственной фармакопеи Российской Федерации [электронный ресурс]. 2023. Режим доступа: <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/xiv-izdanie-gosudarstvennoy-farmakopei-rossiyskoj-federatsii> (дата обращения: 10.07.2023).
15. 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. – 480 с.
16. Голубев В. Н. Биологическая флора Крыма / В. Н. Голубев. – Ялта, НБС-ННЦ, 1996. – 126 с.
17. Золотухин Н. И. Анализ флоры высокогорий Алтайского заповедника / Золотухин Н. И. // Актуальные проблемы сравнительного изучения флор: Матер. III рабочего совещ. по сравнительной флористике. СПб.: Наука, – 1994. С. 321-331.

**INFLUENCE OF ANTHRACOIDEA CARYOPHYLLEAE KUKKONEN ON THE STATE OF CAREX CARYOPHYLLEA LATOURR CENOPOPULATION. (CYPERACEAE) IN MOUNTAIN CRIMEA**

*Prosyannikova I. B., Turilo A. N.*

*Federal V.I. Vernadsky Crimean University, Simferopol, Russia  
E-mail: [aphanisomenon@mail.ru](mailto:aphanisomenon@mail.ru)*

According to updated modern data, the order Smut fungi (order Ustilaginales, class Ustomycetes, department Basidiomycota) includes about 1350 species from more than 68 genera, mostly confined to one genus or plant species and distinguished by a narrow specialization. In general, they infect over 4000 species of flowering plants [1, 2]. The studies were carried out during the growing season of 2022 on one of the spurs of the city of Sel-Bukhra (658.2 m above sea level) in the vicinity of the village. «Nauchny» Bakhchisarai district of the Republic of Crimea on the edge of an oak-hornbeam forest, on

one homogeneous trial plot measuring 15.0 x 81.0 m and with a total area of 1215 m<sup>2</sup>. For the first time, a summary of the flora of the trial area located on the territory of the landscape and recreational park of regional significance «Nauchny» was compiled, its arealological, biomorphic, zoological and resource characteristics were analyzed. 117 species of higher plants from 93 genera and 37 families of the department of higher vascular plants (Magnoliophyta) were identified, which is 4.6 % of the 2536 species of flora of the Crimea. 22 species of medicinal plants with significant resource potential and included in the official pharmacopoeia of the Russian Federation grow on the trial area [14], 2 species of plants included in the Red Book of Crimea [15] and 11 species that are endemic to the peninsula [13] have been identified. For the first time, the number, prevalence and intensity of smut fungus *Anthracoidea caryophylleae* damage to the cenopopulation of the host plant *Carex caryophyllea* was investigated. It was revealed that the peak of plant morbidity occurs in May and during this period the prevalence of the disease is 68 %, and the intensity of the disease reaches its maximum value – 42 %. Comparison of the phenological spectrum of *C. caryophyllea* with the phase of formation of sporulation by the smut fungus *A. caryophyllea*, showed that the laying of the ustospores and their spread occurs during the phase of mass flowering and fruiting of the host plant (from the first decade of May to the first decade of July).

**Keywords:** host plant *Carex caryophyllea*, smut fungus *Anthracoidea caryophylleae*, landscape recreation park of regional value «Nauchny», Mountain Crimea.

#### References

1. Karatygin I. V., Azbukina Z. M., *The determinant of the fungi USSR*. Order of Smut, Ustilagaceae of family, Issue 1. (Publishing House of Science, Leningrad, 1989).
2. Vánky K., Biodiversity and conservation of smut fungi (Ustilaginomycetes p.p. and Microbotryales) reflected in Vánky, Ustilaginales exsiccata no., *Mycol. Balcan.* (2004)
3. Dudka I. O., Geluta V. P., Tichonenko Y. A. et al., *Fungi natural areas Crimea* (Institute of botany named after M.G. Cholododny), (Phytosotsiotsentr, Kiev, 2004).
4. Protected areas of Russia [electronic resource]. Access mode: <http://oopt.aari.ru/oopt/Nauchny> (reference date: 10.07.2023).
5. Beideman I. N., *Methodology for studying the phenology of plants and plant communities* (Nauka, Novosibirsk, 1974).
6. Vánky K., Smut Fungi of the World [electronic resource]. Access mode: <http://www.kalman-vanky.de/smut-fungi-world-1.html> (reference date: 11.07.2023).
7. Fungal Databases. [electronic resource]. Access mode: <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/> (reference date: 12.07.2023).
8. Mycobank Database [electronic resource]. 2004. Access mode: <http://www.mycobank.org> (reference date: 09.07.2023).
9. Index Fungorum [electronic resource]. 2003. Access mode: <http://www.indexfungorum.org> [website, version 1.00] (reference date: 12.07.2023).
10. Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: an open online atlas and plant determinant [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.plantarium.ru> (reference date: 12.07.2023).
11. The Plant list [electronic resource]. 2013. Access mode: <http://www.theplantlist.org/> (reference date: 06.07.2023).
12. Blagoveshchenskaya E. Y., *Phytopathogenic micromycetes: educational guide* (Publishing house Lenand, Moscow, 2015).

13. Yena A. V., *The natural flora of the Crimean peninsula*, (Publishing house N. Orianda, Simferopol, 2012).
14. XIV edition of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation [electronic resource]. 2023. Access mode: <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/xiv-izdanie-gosudarstvennoy-farmakopei-rossiyskoy-federatsii> (reference date: 10.07.2023).
15. The Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi, Ed. by Doctor of Biological Sciences, prof. A. V. Ena and Candidate of Biological Sciences A. V. Fateryga (LLC "IT "ARIAL", Simferopol, 2015).
16. Golubev V. N. *Biological flora of Crimea*, (NBS-NNTs, Yalta, 1996).
17. Zolotukhin N. I., Analysis of the flora of the highlands of the Altai Reserve, *Actual problems of comparative study of flora: Mater. III working meeting. on comparative floristics*, (Nauka, St. Petersburg, 1994).

УДК 595.783

**КАТАЛОГ КОЛЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ КАФЕДРЫ ЗООЛОГИИ АКАДЕМИИ  
БИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ ИМ. Д. И. ИВАНОВСКОГО ЮЖНОГО  
ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА. СООБЩЕНИЕ 6. ОТРЯД  
ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ – LEPIDOPTERA, СЕМЕЙСТВО БЕЛЯНКИ – PIERIDAE**

*Романчук Р. В.<sup>1</sup>, Богаева Е. А.<sup>1</sup>, Елфимова Н. С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>2</sup>Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», Ростов-на-Дону, Россия

E-mail: chigrinski@list.ru

Работа продолжает серию статей, посвящённых описанию таксономического многообразия и каталогизации животных, представленных в фондах Зоологического музея Южного федерального университета. В статье приводится аннотированный каталог бабочек белянок (Lepidoptera: Pieridae), содержащий сведения о 22 видах из 11 родов в составе пяти триб и трёх подсемейств, хранящихся в коллекции. Подсемейство Pierinae представлено 13 видами: *Pieris rapae*, *P. napi*, *P. bryoniae*, *P. canidia*, *P. brassicae*, *Aporia crataegi*, *Pontia edusa*, *P. chloridice*, *Delias eucharis*, *Appias albina*, *Anthocharis cardamines*, *Euchloe ausonia*, *Zegris eupheme*. Подсемейство Dismorphiinae – 2 видами: *Leptidea sinapis*, *L. morsei*. Подсемейство Coliadinae – 7 видами: *Gonepteryx rhamni*, *Colias phicomone*, *C. alfacariensis*, *C. hyale*, *C. erate*, *C. croceus*, *C. caucasica*. В фондах музея представлены экземпляры, собранные в разных регионах Российской Федерации, Австрийской Республики, Французской Республики и Демократической Социалистической Республики Шри-Ланки. В работе представлены результаты верификации и систематизации энтомологического материала. Определена научная, научно-практическая и историческая ценность коллекции. Каталог сопровождается цветными таблицами с изображениями представителей каждого указанного вида.

**Ключевые слова:** Южный федеральный университет, кафедра зоологии, коллекционный фонд, Lepidoptera, Pieridae, каталог, Зоологический музей.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сбор и корректное составление коллекций насекомых – одна из важнейших задач специалиста-энтомолога. Такие коллекции являются не только ценной формой документации научных исследований [1], но также выступают справочной базой для широко спектра зоологических, зоогеографических, экологических и генетических исследований. Правильно собранные и надлежащим образом оформленные коллекции с высокой степенью репрезентативности служат серьёзным фактическим материалом, подтверждающим достоверность полевых исследований [2].

Составление каталогов крупных энтомологических коллекций – важный справочный инструмент, позволяющий быстро получать сведения об укомплектованности собраний насекомых того или иного учреждения. Это, в свою

очередь, позволяет планировать дальнейшую научную работу и нередко определяет необходимость личного посещения места хранения изучаемого материала. В качестве примеров подобных работ можем привести каталог коллекции булавоусых бабочек (Lepidoptera: Rhopalocera) Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского (г. Симферополь) [3] и коллекции булавоусых энтомологического музея ФГБУ «ВНИИКР» (рп. Быково) [4], а также крупные интернет-ресурсы вроде «Фондовой коллекции бабочек Зоологического института» (г. Санкт-Петербург) [5].

Кроме того, энтомологические коллекции являются наилучшим объектом для использования в качестве наглядных пособий при проведении занятий в учебных заведениях разного уровня [6]. Применение коллекций в соответствующих школьных или университетских учебных курсах вызывает особый интерес среди обучающихся. Позже, в ходе экскурсионных выездов или полевых практик, школьники и студенты уже самостоятельно отлавливают насекомых и составляют из них коллекции либо для постоянного учебного пользования, либо помещают их в общий фонд для длительного хранения и последующей научной работы.

Настоящее сообщение – шестая работа в серии статей [7–11], посвящённых описанию многообразия животных, представленных в фондах Зоологического музея Южного федерального университета (ЗМ ЮФУ).

Белянки (Pieridae) – крупное семейство булавоусых чешуекрылых (Papilionoidea), насчитывающее около 1100–1200 рецентных и 6 ископаемых видов [12, 13]. Представители группы встречаются практически повсеместно, за исключением Новой Зеландии. В Палеарктике обитает около 150 видов, в Европе – около 60, в России – около 50 [13, 14], в Восточной Европе – 28 [13], на юге страны – около 20 [15, 16], в Ростовской области – 18 [17]. В фондах музея представлены экземпляры, собранные в разных регионах Российской Федерации, Австрийской Республики, Французской Республики и Демократической Социалистической Республики Шри-Ланки. Коллекция, при этом, нуждается в обновлении и пополнении.

Аналогично предыдущим статьям в серии, цель работы заключается в предоставлении сведений о составе коллекции Pieridae Зоологического музея ЮФУ в форме аннотированного каталога.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Материалом для каталога послужило собрание белянок ЗМ ЮФУ, разрозненно хранившихся в нескольких старых энтомологических коробках. В процессе работы уточнялись современные латинские названия таксонов, проводилась верификация видовой принадлежности и таксономическая диагностика. При подготовке итоговой коллекции и определении насекомых по габитусу использовались литературные [13, 17–27] и интернет-источники [5, 15, 16, 28–30], а также частная коллекция чешуекрылых первого автора. Под каждый экземпляр подкалывалась этикетка, представляющая собой прямоугольник из белой бумаги с текстом «Коллекционный фонд кафедры зоологии АБиБ ЮФУ». Фотографии выполнены камерой Canon EOS 800D. Номенклатура семейства дана в соответствии с каталогом чешуекрылых России [14] и рядом веб-ресурсов [15, 30].

Под некоторыми экземплярами подколоты массивные, вероятно «временные», этикетки, изготовленные из фрагментов тетрадных листов. Текст написан от руки, прочтение названий места сбора затруднительно. В каталоге этот материал помечен как «[неразборчиво]». Для удобства внешний вид этикеток приведён на рисунке 1.

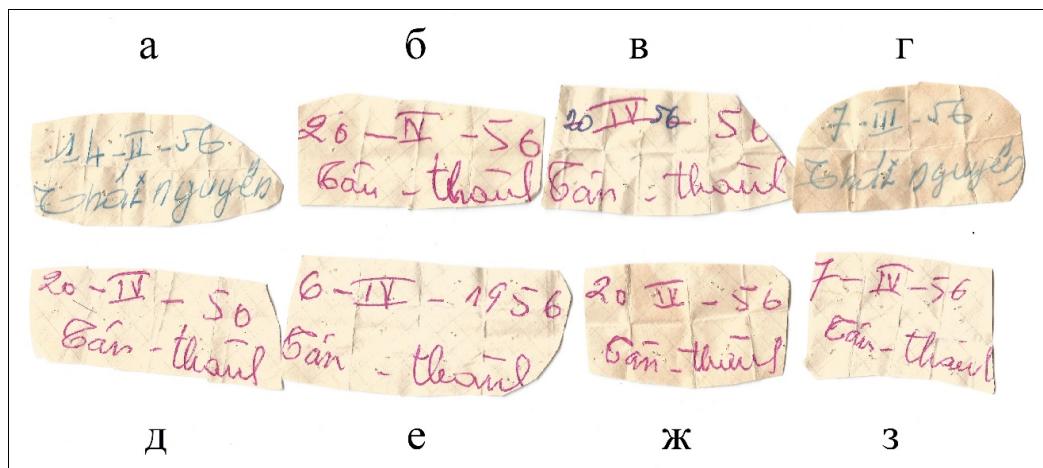


Рис. 1. Этикетки с плохо читаемым текстом, подколотые под экземпляры в сериях *Pieris canidia* (Sparrman, 1768) (а-г) и *Appias albina* (Boisduval, 1836) (д-з) (см. каталог).

Для ряда указанных на оригинальных этикетках локалитетов необходимы дополнительные пояснения. Приводим их ниже:

- 1) «Балка Донской Чулек» – балка реки Донской Чулек, северо-восточная оконечность с. Синявское (Неклиновский р-н), юго-западные окрестности ООПТ ОЛ «Чулекская балка» (Мясниковский р-н);
- 2) «Пос. Н. Баскунчак» – посёлок городского типа Нижний Баскунчак, расположенный в Ахтубинском р-не Астраханской области России;
- 3) «Ростовский заказник» – Государственный природный заповедник «Ростовский».

Список сокращений, использованных в каталоге:

б/э – без этикетки;

верх. р. – верховье реки;

ЗМ ЮФУ – Зоологический музей Южного федерального университета;

МО – муниципальное образование;

н/д – нет данных;

ООПТ – особо охраняемая природная территория;

ОЛ – охраняемый ландшафт;

оз. – озеро;

о. – остров;

пос. – посёлок;

РГООХ – Ростовское государственное опытное охотничье хозяйство;

рп. – рабочий посёлок;  
сл. – слобода;  
ст. – станица;  
с. – село;  
ущ. – ущелье;  
х. – хутор.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Superfamilia **PAPILIONOIDEA** Latreille, 1802

Familia **Pieridae** Duponchel, 1835

Subfamilia **Pierinae** Duponchel, 1835 (Рис. 1)

Tribus Pierini Swainson, 1820

Genus *Pieris* (Schrank, 1801)

1. *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758)

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, Усть-Донецкий р-н, ст. Мелиховская, 30.VIII.1983, leg. М. Ханин – 2 экз. (det. М. Ханин); ст. Нижнекундрюченская 08.VI.2011, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); ООПТ ОЛ «Кундрюченские пески», 26.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 3 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); ООПТ ОЛ «Кундрюченские пески», 30.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Мясниковский р-н, окр. с. Синявское, балка Донской Чулек 17.VII.1982, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. с. Синявское и х. Недвиговка, балка Донской Чулек, 27.VII.1982, leg. Г. Б. Бахтадзе – 13 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. с. Синявское, балка Донской Чулек, 27.VII.1982, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. х. Недвиговка, 19.VII.1982, leg. Заломнов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. х. Недвиговка, 27.VII.1982, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. А. Сурма, В. Тихонова); окр. х. Недвиговка, 27.VII.1982, leg. Г. Б. Бахтадзе – 9 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. х. Недвиговка, 27.VII.1982, leg. н/д – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. х. Недвиговка, 14.VII.1991, leg. Аракелова – 1 экз. (det. Matina); окр. х. Недвиговка, 01.VIII.2009, leg. О. Г. Шульгина – 4 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. пос. Чалтырь, 08.V.1983, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Ростов-на-Дону, Ботанический сад, 15.VI.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Ростовская область, V.1997, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Ростов-на-Дону, 15.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Ростов-на-Дону, 11.V.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); г. Шахты, окр. оз. Став, 02.VII.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Орловский р-н, пос. Волочаевский, окр. визит-центра Заповедника «Ростовский», leg. Е. В. Христинич – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); **Республика Адыгея**, Майкопский р-н, окр. пос. Никель, 27.VI.1982, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. пос. Никель, 20.VII.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. А. Сурма, В. Тихонова); окр. пос. Никель, 20.VII.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 8 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); плато Лаго-Наки, верх.



р. Курджипс, 24.VI.1990, leg. Г. Б. Бахтадзе – 3 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Ставропольский край**, г. Ессентуки, пос. Белый Уголь, VIII.1984, leg. Ю. Г. Арзанов – 4 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Дальний Восток**, leg. И. Зяблицева – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Республика Северная Осетия**, Алагирский р-н, с. Нижний Унал, 01.VII.1999, leg. н/д – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Карачаево-Черкесская Республика**, ущ. Даут, 18.VIII.1975, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); ущ. Даут, 19.VIII.1975, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); ущ. Даут, 21.VIII.1975, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); б/э – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

2. *Pieris napi* (Linnaeus, 1758)

**Материал:** **Россия**, **Ростовская область**, Мясниковский р-н, окр. х. Недвиговка, 27.VII.1982, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Ростов-на-Дону, левый берег р. Дон, 01.V.1985, leg. Г. Б. Бахтадзе – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Ростов-на-Дону, левый берег р. Дон, 10.V.1985, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. А. Сурма, В. Тихонова); г. Ростов-на-Дону, Ботанический сад, 10.IV.1983, leg. н/д – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Ростов-на-Дону, Ботанический сад, 10.IV.1983, leg. н/д – 1 экз. (det. А. В. Долина, С. В. Шамонина); г. Ростов-на-Дону, Ботанический сад, 15.VI.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. А. В. Долина, С. В. Шамонина); Ростовская область, V.1997, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Сальский р-н, с. Ивановка, V.1983, leg. М. Ханин – 2 экз. (det. М. Ханин); **Республика Адыгея**, Майкопский р-н, окр. пос. Никель, 20.VII.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); плато Лаго-Наки, 13.VII.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. А. Сурма, В. Тихонова); плато Лаго-Наки, 13.VII.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); плато Лаго-Наки, верх. р. Курджипс, 24.VI.1990, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); плато Лаго-Наки, верх. р. Курджипс, 24.VI.1990, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. А. В. Долина, С. В. Шамонина); р. Белая, 12.V.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); плато Лаго-Наки, 13.V.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); **Карачаево-Черкесская Республика**, перевал Гумбаши, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

3. *Pieris bryoniae* (Hübner, 1806)

**Замечания:** таксономический статус вида ставится под сомнение, и его нередко рассматривают подвидом (или группой подвидов) *P. napi* [31–33].

**Материал:** **Россия**, **Республика Адыгея**, плато Лаго-Наки, 13.VII.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); плато Лаго-Наки, верх. р. Курджипс, 24.VI.1990, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

4. *Pieris canidia* (Sparrman, 1768)

**Материал:** [неразборчиво] 07.III.1956, leg. н/д – 1 экз. (det. А. Сурма, В. Тихонова); [неразборчиво] 14.II.1956, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); [неразборчиво] 20.IV.1956, leg. н/д – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук). **Примечание:** этикетки с плохо различимым неразборчивым текстом представлены на рисунке 1 (а–г).

5. *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758)

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, Азовский р-н, с. Кулешовка, 10.VIII.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 4 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Мартыновский р-н, сл. Большая Мартыновка, IX.1984, leg. М. Ханин – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Миллеровский р-н, 15.VI.1981, leg. М. Ханин – 3 экз. (det. М. Ханин); Багаевский р-н, Манычское сельское поселение, х. Арпачин, 15.VI.1981, leg. М. Ханин – 1 экз. (det. М. Ханин); Мясниковский р-н, окр. х. Недвиговка, 14.VII.1991, leg. Мамина – 1 экз. (det. Aracelova).

Genus *Aporia* (Hubner, 1819)

6. *Aporia crataegi* (Linnaeus, 1758)

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, г. Ростов-на-Дону, Ботанический сад, 15.VI.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Краснодарский край**, Апшеронский р-н, пос. Мезмай, VI.1983, leg. М. Ханин – 2 экз. (det. М. Ханин); Крымский р-н, ст. Варениковская, 3.VI.1925, leg. Л. Титоренко – 2 экз. (det. Filipjev); **Карачаево-Черкесская Республика**, ущ. Даут, 24.VI.1992, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); ущ. Даут, 20.VII.1992, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Ямало-Ненецкий Автономный Округ**, Надымский р-н, г. Надым, 10.VII.1991, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

Genus *Pontia* (Fabricius, 1807)

7. *Pontia edusa* (Fabricius, 1777)

**Замечания:** в коллекции бабочек ЗМ ЮФУ содержится несколько экземпляров, определённых как *P. daplidice* (Linnaeus, 1758), что вызывает некоторые сомнения. Существуют данные, согласно которым *P. daplidice* представляет собой видовой комплекс, включающий *P. edusa*, и надёжная идентификация этих бабочек возможна только с помощью электрофоретических методов [34] (со ссылкой на работу Geuger & Scholl, 1982). В работе А. Л. Львовского и Д. В. Моргуна отмечается, что все указания *P. daplidice* для Восточной Европы необходимо относить к *P. edusa*, поскольку они отличаются по биохимическому критерию и особенностям географического распространения (*P. daplidice* обитает в более южных районах) [13]. В этой же книге приводится небольшой обзор литературных источников, в которых указаны данные о распространении в южных регионах страны обоих видов (без указания на конкретные различия между ними) [13]. Во втором издании «Каталога чешуекрылых России» *P. daplidice* не указан в перечне как самостоятельный вид [14]. На сайте «Бабочки Кавказа и Юга России» *P. daplidice* не приводится вовсе [15].

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, Усть-Донецкий р-н, сев. окр. пос. Огиб, 28.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. ст. Н. Кундрючья, 29.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. ст. Н. Кундрючья, 01.VII.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); ст. Мелиховская, 30.VIII.1983, leg. М. Ханин – 2 экз. (det. М. Ханин *P. daplidice*); Сальский р-н, с. Ивановка, V.1983, leg. М. Ханин – 1 экз. (det. М. Ханин *P. daplidice*); Орловский р-н, окр. визит-центра Заповедника «Ростовский»,

30.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. визит-центра Заповедника «Ростовский», 08.VII.2009, leg. О. Г. Шульгина – 2 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. пос. Волочаевский, 09.VII.2009, leg. О. Г. Шульгина – 4 экз. (det. О. Г. Шульгина); Шолоховский р-н, окр. ст. Вешенская, 30.VI.2010, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. ст. Вешенская, 02.VII.2011, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. ст. Вешенская, 07.VII.2011, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Аксайский р-н, ст. Мишкинская, 25.IX.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Мясниковский р-н, х. Недвиговка, окр. с. Синявское, 27.VII.1987, leg. Г. Б. Бахтадзе – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. х. Недвиговка, 10.VII.1997, leg. Зеринова – 1 экз. (det. Зеринова); окр. х. Недвиговка, 14.VII.1982, leg. С. Куликов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. х. Недвиговка, 14.VII.1991, leg. Аракелова – 1 экз. (det. Мамина *P. daplidice*); окр. х. Недвиговка, 20.VII.1991, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Неклиновский р-н, окр. с. Синявское, балка Донской Чулек, 17.VII.1982, leg. н/д – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. с. Синявское, балка Донской Чулек, 27.VII.1982, leg. н/д – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); ООПТ ОПО «Каменная балка», 10.VI.2023, leg. А. В. Волкова – 1 экз., (det. А. В. Волкова) (экземпляр снабжен этикеткой «Студенческие сборы 2023» с логотипом ЗМ ЮФУ); Азовский р-н, окр. с. Кулешовка, 10.VIII.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Новочеркасск, р. Грушевка, 25.IV.2000, leg. Б. В. Страдомский – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Новочеркасск, р. Грушевка, 26.V.1999, leg. Б. В. Страдомский – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Республика Адыгея**, плато Лаго-Наки, 20.VII.1992, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Республика Абхазия**, Гудаутский р-н, г. Гудаута, лагерь лесников, 09.VI.2000, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Ю. Г. Арзанов *P. daplidice*); б/э, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

8. *Pontia chloridice* (Hubner, 1813)

Материал: **Россия, Ростовская область**, г. Ростов-на-Дону, Александровка, 20.IV.2000, leg. Ю. Г. Арзанов – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

Genus *Delias* Hübner, 1819

9. *Delias eucharis* Drury, 1773

Материал: **Шри-Ланка**, г. Коломбо, leg. Гетманский – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, И. К. Богаева).

Genus *Appias* Hübner, 1819

10. *Appias albina* (Boisduval, 1836)

Материал: [неразборчиво], 06.IV.1956, leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук); [неразборчиво], 07.IV.1956, leg. н/д – 1 экз. (det. Р. В. Романчук); [неразборчиво], 20.IV.1950, leg. н/д – 2 экз. (det. Р. В. Романчук). *Примечание:* этикетки с плохо различимым неразборчивым текстом представлены на рисунке 1 (д–з).

Tribus Anthocharini J.W. Tutt, 1896

Genus *Anthocharis* (Boisduval, Rambur, Dumeril & Graslin, 1833)

11. *Anthocharis cardamines* (Linnaeus, 1758)

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, Белокалитвенский р-н, окр. х. Кононов, 17.V.2009, leg. О. Г. Шульгина – 2 экз. (det. И. К. Богаева, Е. А. Богаева); окр. х. Кононов, 09.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Усть-Донецкий р-н, ст. Нижнекундрюченская, 15.V.1985, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Республика Адыгея, Майкопский р-н**, р. Белая, V.1974, leg. М. П. Корнелио – 1 экз. (det. М. П. Корнелио); плато Лаго-Наки, 15.VIII.1992, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Ставропольский край**, г. Пятигорск, 20.VI.1992, leg. П. Ивлиев – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Ессентуки, пос. Белый Уголь, VIII.1984, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Астраханская область**, Ахтубинский р-н, пос. Н. Баскунчак, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

Genus *Euchloe* (Hubner, 1819)

12. *Euchloe ausonia* (Hubner, 1804)

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, Орловский р-н, Ростовский заповедник, о. Водный, оз. Маныч-Гудило, 22.V.2002, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); б/э, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

Genus *Zegris* (Boisduval, 1836)

13. *Zegris eupheme* (Esper, 1804)

**Материал:** **Россия, Астраханская область**, Ахтубинский р-н, оз. Баскунчак, 09.V.1991, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Р. В. Романчук, Е. А. Богаева).

Subfamilia **Dismorphiinae** Schatz, 1887 (Рис. 1)

Tribus Leptideini Verity, 1947

Genus *Leptidea* (Billberg, 1820)

14. *Leptidea sinapis* (Linnaeus, 1758)

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, Шолоховский р-н, окр. ст. Вешенская, 01.VII.2011, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. ст. Вешенская, 03.VII.2011, leg. О. Г. Шульгина – 3 экз. (det. О. Г. Шульгина); **Ставропольский край**, Ессентуки, пос. Белый Уголь, VIII.1984, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Республика Абхазия**, гора Ахибаху (Турецкая шапка), 10.VI.2000, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

15. *Leptidea morsei* (Fenton, 1882)

**Материал:** **Россия, Ставропольский край**, г. Ессентуки, пос. Белый Уголь, VIII.1984, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Краснодарский край**, МО Горячий Ключ, с. Фанагорийское, 15.V.1992, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Республика Абхазия**, гора Ахибаху (Турецкая шапка), 10.VI.2000, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

Subfamilia **Coliadiinae** Swainson, 1827

Tribus Gonepterygini Verity, 1920

Genus *Gonepteryx* (Leach, 1815)

16. *Gonepteryx rhamni* (Linnaeus, 1758)

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, Шолоховский р-н, РГООХ, 29.VI.2010, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); РГООХ, 02.VII.2010, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Усть-Донецкий р-н, окр. оз. Бурьяновское, 27.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 2 экз. (det. О. Г. Шульгина); Мясниковский р-н, окр. х. Недвиговка, 15.VII.1982, leg. Ю. Заломов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. х. Недвиговка, 15.VII.1982, leg. Т. Ашихина – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. х. Недвиговка, 04.VII.1990, leg. А. Б. Осипов – 1 экз. (det. А. Б. Осипов); окр. х. Недвиговка, 20.VII.1992, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Неклиновский р-н, окр. с. Синявское, балка Донской Чулек, 27.VII.1982, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Республика Адыгея**, пойма р. Сюк, 27.VI.1982, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Майкопский р-н, окр. пос. Никель, 31.III.1979, leg. Г. Б. Бахтадзе – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

Tribus Coliadini Swainson, 1827

Genus *Colias* (Fabricius, 1807)

17. *Colias phicomone* (Esper, 1780)

**Материал:** **Австрия**, Альпы, федеральная земля Каринтия, Хайлигенблут, 08.VIII.1975, leg. Schintlmeister – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

18. *Colias alfacariensis* (Ribbe, 1905)

**Замечания:** в литературе и на практике присутствует значительная путаница и неясность таксономических трактовок в отношении обсуждаемого вида, о чем подробно написано на соответствующей странице ресурса «Бабочки Кавказа и Юга России» [35].

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, Орловский р-н, окр. оз. Бурьяновское, 27.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Усть-Донецкий р-н, окр. пос. Огиб, 28.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина).

19. *Colias hyale* (Linnaeus, 1758)

**Материал:** **Россия, Ростовская область**, Шолоховский р-н, окр. ст. Вешенская, 04.VII.2010, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Белокалитвенский р-н, х. Кононов, 17.V.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Мясниковский р-н, окр. х. Недвиговка, 21.VII.1986, leg. Гейко – 1 экз. (det. н/д); окр. х. Недвиговка, 01.VII.1997, leg. Волосач – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Азовский р-н, окр. с. Кулешовка, 10.VIII.1984, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Аксайский р-н, ст. Ольгинская, 25.VIII.1965, leg. В. А. Миноранский – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); ст. Ольгинская, 21.IX.1965, leg. В. А. Миноранский – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Цимлянский р-н, Цимлянский государственный природный заказник, Цимлянский песчаный массив, 10.VI.1991, leg. Ю. Г. Арзанов – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Карачаево-Черкесская Республика**, пос. Домбай, 15.X.1991, leg. Шаронов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Дальний Восток**, leg. И. Зяблицева – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); Владивосток, Морской городок, VIII.1983, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Франция**, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Австрия**, федеральная

земля Зальцбург, Тамсвег, 18.VIII.1976, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

20. *Colias erate* (Esper, 1805)

Материал: **Россия, Ростовская область**, Аксайский р-н, ст. Ольгинская, 25.VIII.1965, leg. В. А. Миноранский – 3 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. ст. Ольгинская, 31.V.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); ст. Мишкинская, 25.IX.2009, leg. О. Г. Шульгина – 7 экз. (det. О. Г. Шульгина); Белокалитвенский р-н, х. Кононов, 24.IX.2009, leg. О. Г. Шульгина – 3 экз. (det. О. Г. Шульгина); Орловский р-н, пос. Волочаевский, окр. визит-центра Заповедника «Ростовский», 30.VI.2009, leg. Е. В. Христич – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); пос. Волочаевский, окр. визит-центра Заповедника «Ростовский», 12.VII.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. Сан-Маныча, 20.VII.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Ростовский заказник, 25.X.2009, leg. О. Г. Шульгина – 3 экз. (det. О. Г. Шульгина); Усть-Донецкий р-н, окр. ст. Н. Кундрючья, 29.VI.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); окр. ст. Н. Кундрючья, 01.VII.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Мясниковский р-н, окр. х. Недвиговка, 14.VII.1991, leg. Мамина – 1 экз. (det. Aracelova); окр. х. Недвиговка, 18.VII.1997, leg. Зеринова – 1 экз. (det. Зеринова); Азовский р-н, х. Дугино, 27.IV.2000, leg. Б. В. Страдомский – 2 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); г. Ростов-на-Дону, 20.VIII.1968, leg. н/д – 3 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); окр. г. Батайск, 21.VIII.2010, leg. О. Г. Шульгина – 2 экз. (det. О. Г. Шульгина); б/э, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Республика Абхазия**, Гудаутский р-н, г. Гудауты, 9.VI.2000, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); гора Ачибах, 16.VI.2000, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

21. *Colias croceus* (Fourcroy, 1785)

Материал: **Россия, Ростовская область**, Белокалитвенский р-н, х. Кононов, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Орловский р-н, окр. Сан-Маныча, 20.VII.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Аксайский р-н, ст. Мишкинская, 25.IX.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); Мясниковский р-н, окр. х. Недвиговка, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Ю. Г. Арзанов), **Республика Адыгея**, Майкопский р-н, р. Белая, 12.V.2009, leg. О. Г. Шульгина – 1 экз. (det. О. Г. Шульгина); **Республика Северная Осетия**, Алагирский р-н, с. Нижний Унал, 01.VII.1999, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Ставропольский край**, г. Кисловодск, 27.VI.1997, leg. н/д – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Карачаево-Черкесская республика**, пос. Домбай, 15.X.1991, leg. Шарапов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Республика Абхазия**, гора Ачибах, 16.VI.2000, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

22. *Colias caucasica* (Staudinger, 1871)

Материал: **Республика Абхазия**, Гудаутский р-н, г. Гудауты, 09.VI.2000, leg. Ю. Г. Арзанов – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук); **Россия, Республика Адыгея**, Майкопский р-н, окр. пос. Никель, leg. Г. Б. Бахтадзе – 1 экз. (det. Е. А. Богаева, Р. В. Романчук).

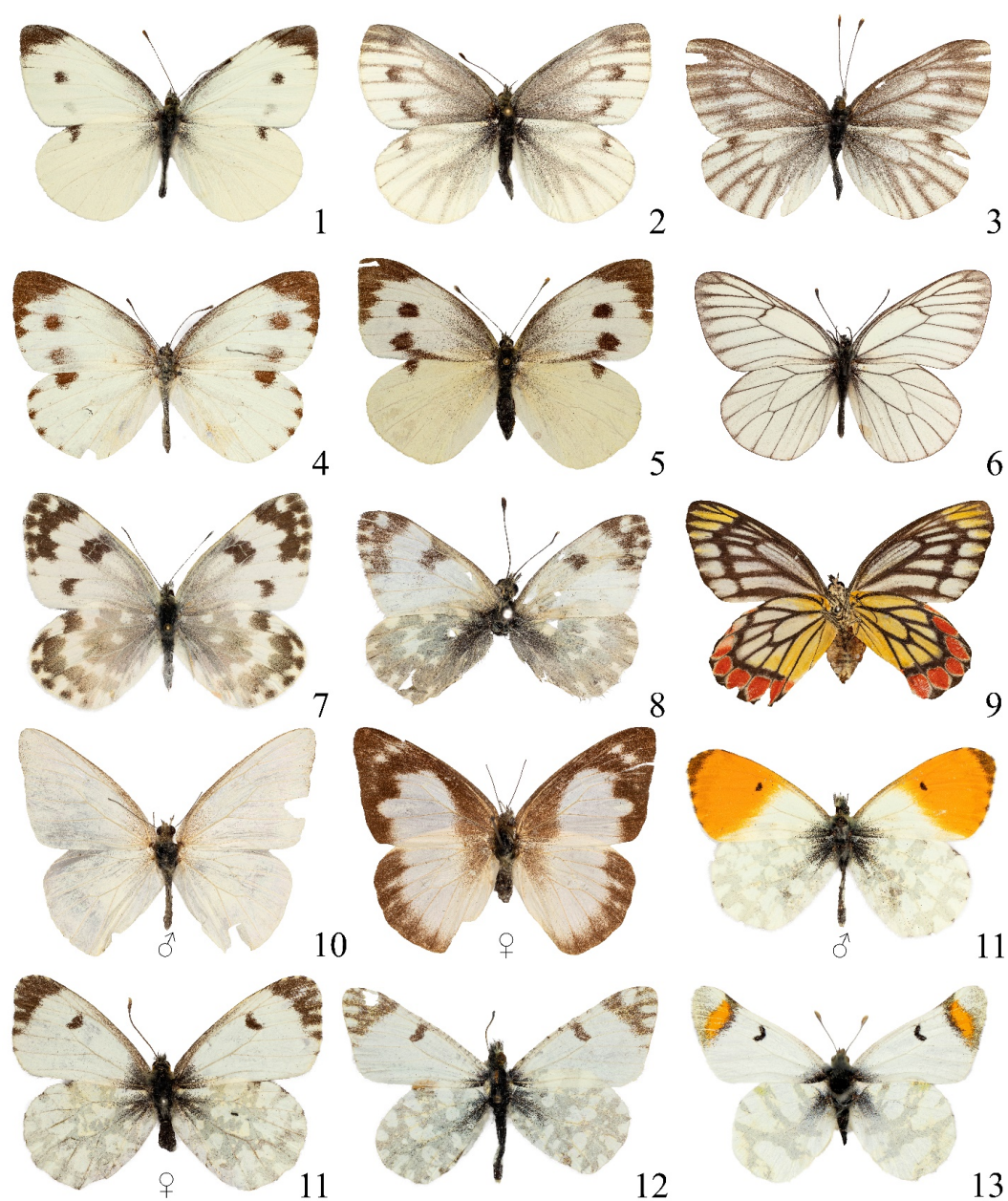


Рис. 2. Представители подсемейства Pierinae из коллекции Зоологического музея кафедры зоологии ЮФУ (нумерация соответствует каталогу, бабочки не в масштабе). Фото: Н. С. Елфимова.

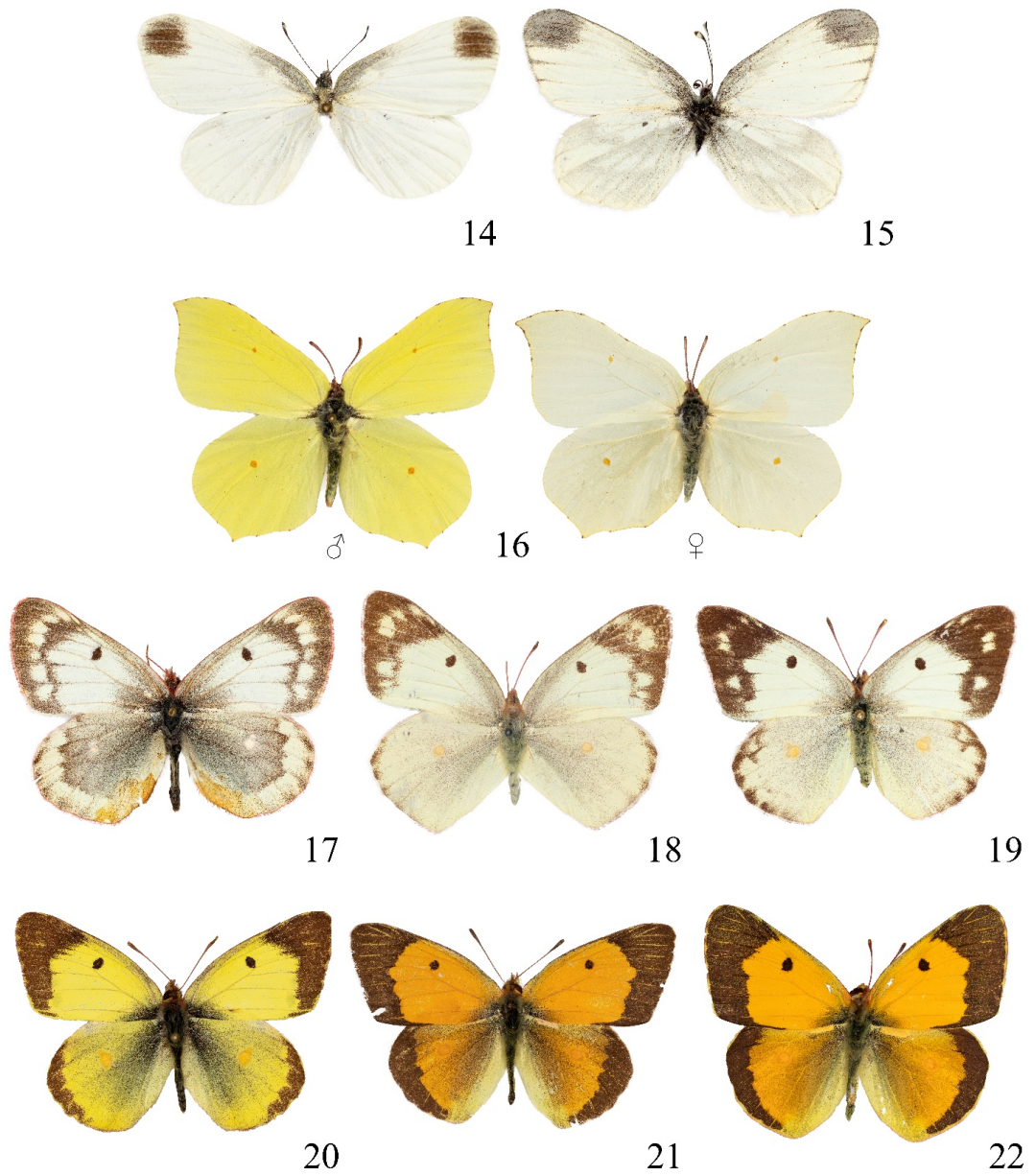


Рис. 3. Представители подсемейств Dismorphiinae и Coliadinae из коллекции Зоологического музея кафедры зоологии ЮФУ (нумерация соответствует каталогу, бабочки не в масштабе). Фото: Н. С. Елфимова.



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящий момент коллекция белянок Зоологического музея ЮФУ насчитывает 22 вида из 11 родов в составе пяти триб и трёх подсемейств. Общее число единиц хранения составляет 260 смонтированных экземпляров. Коллекция имеет историческое, эстетическое, научное и научно-практическое значение. Материалы, представленные в ней, используются студентами-биологами, молодыми исследователями и состоявшимися специалистами при подготовке научных работ. Собрание Pieridae пополняется ежегодными сборами и постановкой материала, тем самым повышается её репрезентативность относительно видового разнообразия белянок как европейского юга, так и всей России. Актуальным также является вопрос пополнения коллекции представителями мировой фауны белянок, включая виды, обитающие вне Палеарктики.

**БЛАГОДАРНОСТЬ**

Авторы признательны С. В. Шамониной, А. В. Долиной, А. О. Сурма, В. С. Тихоновой и И. К. Богаевой за участие в каталогизации коллекции булавоусых чешуекрылых Зоологического музея ЮФУ.

**Список литературы**

1. PRO Сибирь. URL: <https://prosiberia.tsu.ru> (дата обращения: 13.06.2023).
2. Шаповалов М. И. Энтомологическая коллекция: учебное пособие / М. И. Шаповалов. – Майкоп: издательство АГУ, 2021. – 52 с.
3. Будашкин Ю. И. Коллекция булавоусых бабочек (Lepidoptera: Rhopalocera) Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского / Ю. И. Будашкин, А. Э. Милованов, С. П. Иванов, Д. В. Пузанов // Экосистемы. – 2016. – Вып. 5. – С. 40–52.
4. Коваленко М. Г. Промежуточные итоги формирования коллекции булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) энтомологического музея ФГБУ «ВНИИКР» / М. Г. Коваленко, Ю. А. Ловцова // Фитосанитария. Карантин растений. – 2023. – Вып. 1. – С. 2–22.
5. Фондовые коллекции Зоологического института – бабочки (Lepidoptera). URL: <https://www.zin.ru/Collections/Lepidoptera> (дата обращения: 14.06.2023).
6. Кушмелюк А. Н. Энтомологические коллекции как форма оптимизации педагогической деятельности в школьном курсе биологии / А. Н. Кушмелюк. – Бийск, 2017. – 66 с.
7. 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 жуки – Carabidae, подсемейство скакуны – Cicindelinae / А. В. Маталин, Ю. Г. Арзанов, Э. А. Хачиков // Живые и биокосные системы. – 2019. – № 29. – С. 7. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-29/article-7>
8. 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.
9. 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.

10. 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
11. 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
12. Van Nieuwerkerken E. J. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758 / E. J. Van Nieuwerkerken, L. Kaila, I. J. Kitching, N. P. Kristensen, D. C. Lees, J. Minet, Ch. Mitter, M. Mutanen, J. C. Regier, T. J. Simonsen, N. Wahlberg, Sh. Yen, R. Zahiri, D. Adamski, J. Baixeras, D. Bartsch, B. Å. Bengtsson, J. W. Brown, S. R. Bucheli, D. R. Davis, J. De Prins, W. De Prins, M. E. Epstein, P. Gentili-Poole, C. Gielis, P. Hättenschwiler, A. Hausmann, J. D. Holloway, A. Kallies, O. Karsholt, A. Y. Kawahara, S. (J. C.) Koster, M. V. Kozlov, J. D. Lafontaine, G. Lamas, J.-F. Landry, S. Lee, M. Nuss, K.-T. Park, C. Penz, J. Rota, A. Schintmeister, B. Ch. Schmidt, J.-Ch. Sohn, M. A. Solis, G. M. Tarmann, A. D. Warren, S. Weller, R. V. Yakovlev, V. V. Zolotuhin, A. Zwick // Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. – Zootaxa. Auckland, New Zealand: Magnolia Press, 2011. – Vol. 3148. – P. 212–221.
13. Львовский А. Л. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы / А. Л. Львовский, Д. В. Моргун. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 443 с.
14. Аникин В. В. Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России. Издание 2-е / В. В. Аникин, С. В. Барышникова, Е. А. Беляев, Ю.И. Будашкин, Э. Й. ван Ньюкеркен, О. Г. Горбунов, В. В. Дубаголов, К. А. Ефегов, В. В. Золотухин, С. А. Князев, В. Н. Ковтунович, М. В. Козлов, В. С. Кононенко, Ю. А. Ловцова, В. А. Лухтанов, А. Л. Львовский, А. Ю. Матов, В. Г. Миронов, С. В. Недошивина, М. Г. Пономаренко, А. В. Свиридов, С. Ю. Синёв, А. В. Соловьев, А. Н. Стрельцов, Т. А. Трофимова, ПОС. Я. Устюжанин, Д. Ф. Шовкун, Р. В. Яковлев. – Санкт-Петербург: Зоологический институт РАН, 2019. – 448 с.
15. Бабочки Кавказа и юга России. URL: <http://babochki-kavkaza.ru> (дата обращения: 16.06.2023).
16. Бабочки Крыма. URL: <https://lepido.ru> (дата обращения: 16.06.2023).
17. Полтавский А. Н. Булавоусые бабочки Ростовской области и юга России (Lepidoptera: Rhopalocera) / А. Н. Полтавский. – Ростов-на-Дону: Издательство ООО «Артель», 2009. – 72 с.
18. Коршунов Ю. П. Булавоусые чешуекрылые Северной Азии / П. Ю. Коршунов. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2002. – 424 с.
19. Райххольф-Рим Х. Бабочки / Х. Райххольф-Рим. – Москва: Астрель, 2002. – 288 с.
20. Корнелио М. П. Школьный атлас-определитель бабочек / М. П. Корнелио. – Москва: Просвещение, 1986. – 255 с.
21. Моуха Й. Бабочки / Й. Моуха. – Прага: Артия, 1979. – 192 с.
22. Каабак Л. В. Определитель бабочек России / Л. В. Каабак, А. В. Сочивко. – Москва: Аванта+, 2012. – 320 с.
23. Савчук В. В. Атлас бабочек и гусениц Крыма / В. В. Савчук. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2013. – 296 с.
24. Della Bruna C. Guide to the Butterflies of the Palearctic Region, Pieridae part I, Subfamily Pierinae, Tribe Pierini (partim) / C. Della Bruna, E. Gallo, V. Sbordoni, G. C. Bozano. – Milano: Omnes Artes, 2013. – 92 p.
25. Grieshuber J. Guide to the Butterflies of the Palearctic Region, Pieridae part II, Subfamily Coliadinae, Tribe Coliadini / J. Grieshuber, G. C. Bozano. – Milano: Omnes Artes, 2014. – 86 p.
26. Bozano G. C. Guide to the Butterflies of the Palearctic Region, Pieridae part III, Subfamily Coliadinae, Tribes Rhodoceriini, Euremini, Coliadini, Genus *Catopsilia* & Subfamily Dismorphiinae / G. C. Bozano, J. G. Coutsis, P. Heřman, G. Allegrucci, D. Cesaroni, V. Sbordoni. – Milano: Omnes Artes, 2016. – 70 p.
27. Back W. Guide to the Butterflies of the Palearctic Region, Pieridae part IV, Subfamily Pierinae (partim), Tribe Anthocharidini / W. Back, G. C. Bozano. – Milano: Omnes Artes, 2020. – 102 p.
28. Lepiforum e.V. URL: <https://lepiforum.org> (дата обращения: 03.07.2023).

29. Lepidoptera Mundi. URL: <https://lepidoptera.eu> (дата обращения: 03.07.2023).
30. Insecta.pro. Insects (Insecta) of the World. URL: <http://insecta.pro> (дата обращения: 03.07.2023).
31. Коршунов Ю. П. Каталог булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) фауны СССР / Ю. П. Коршунов // Энтомологическое обозрение. – 1972. – Т. 51. – № 1. – С. 136–154.
32. Higgins L. G. A Field Guide to the Butterflies of Britain and Europe / L. G. Higgins, N. D. Riley. – London: Harper Collins Publishers, 1980. – 384 p.
33. Моргун Д. В. Дневные бабочки (Hesperioidea и Papilionoidea, Lepidoptera) Восточной Европы. CD определитель, база данных и пакет программ «Lysandra» / Д. В. Моргун, К. Е. Довгайло, Н. И. Рубин, И. А. Солодовников, И. Г. Плющ. – Минск, Киев, Москва, 2005.
34. Tuzov V. K. Guide to the butterflies of Russia and adjacent territories (Lepidoptera, Rhopalocera). Volume 1. Hesperidae, Papilionidae, Pieridae, Satyridae / V. K. Tuzov, P. V. Bogdanov, A. L. Devyatkin, L. V. Kaabak, V. A. Korolev, V. S. Murzin, G. D. Samodurov, E. A. Tarasov. – Sofia, Moscow: PENSOFT Publishers, 1997. – 412 p.
35. *Colias alfacariensis* Ribbe, 1905 – Желтушка южная // Бабочки Кавказа и юга России. URL: <http://babochki-kavkaza.ru/index.php/pieridae/40-colias-alfacariensis---/107--colias-alfacariensis.html> (дата обращения: 03.07.2023).

**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 – PIERIDAE**

*Romanchuk R. V.<sup>1</sup>, Bogaeva E. A.<sup>1</sup>, Elfimova N. S.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

<sup>2</sup>*Azov-Black Sea Branch of FGBU “VNIRO”, Rostov-on-Don, Russia*

*E-mail: roma.romanuchuk.95@bk.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. Collecting and correctly compiling insect collections is one of the most important tasks of an entomologist. Such collections are not only a valuable form of documentation of scientific research, but also act as a reference base for a wide range of zoological, zoogeographical, ecological, and genetic studies. Correctly collected and properly designed collections with a high degree of representativeness serve as serious factual material confirming the reliability of field research. The catalogs creation of large entomological collections is an important reference tool that allows you to quickly obtain information about the completeness of insect collections of a particular institution. This allows you to plan further scientific work and often determines the need for a personal visit to the storage location of the material being studied.

Pieridae is a large family of Papilionoidea, numbering about 1100–1200 recent and 6 fossil species. Representatives of the group are found almost all over the world, except for New Zealand. About 150 species live in the Palearctic, about 60 in Europe, about 50 in Russia, 28 in Eastern Europe, about 20 in the south of the country, and 18 in the Rostov region. The museum’s collections include specimens collected in different regions of the

Russian Federation, the Republic of Austria, the French Republic, and the Democratic Socialist Republic of Sri Lanka. The collection, however, needs to be updated and replenished.

Like previous articles in the series, the purpose is to provide information about the composition of the Zoology Department Museum of Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University Pieridae collection in the form of an annotated catalog.

The material for the catalog was the collection of Pieridae from the Zoological Museum of the Southern Federal University, stored in several old entomological boxes. During the process of work, the modern Latin names of taxa were clarified, species identification and taxonomic diagnostics were carried out. Literary and Internet sources were used preparing the final collection and identifying insects, as well as the private lepidoptera collection of the first author.

The catalog contains information about 22 species from 11 genera, consisting of five tribes and three subfamilies, stored in the collection. The subfamily Pierinae is represented by 13 species: *Pieris rapae*, *P. napi*, *P. bryoniae*, *P. canidia*, *P. brassicae*, *Aporia crataegi*, *Pontia edusa*, *P. chloridice*, *Delias eucharis*, *Appias albina*, *Anthocharis cardamines*, *Euchloe ausonia*, *Zegris eupheme*. Subfamily Dismorphiinae – 2 species: *Leptidea sinapis*, *L. morsei*. Subfamily Coliadinae – 7 species: *Gonepteryx rhamni*, *Colias phicomone*, *C. alfacariensis*, *C. hyale*, *C. erate*, *C. croceus*, *C. caucasica*.

Currently, the Zoological Museum of the Southern Federal University Pieridae collection includes 22 species from 11 genera, consisting of five tribes and three subfamilies. The total number of storage units is 260 pinned specimens. The collection has historical, aesthetic, scientific and scientific-practical significance. The materials presented in it are used by biology students, young researchers, and established specialists during the preparation of scientific papers. The collection of Pieridae is replenished with annual collections and collections of material, thereby increasing its representativeness regarding the species diversity of Pieridae in the European south and throughout Russia. The issue of replenishing the collection with representatives of the world Pieridae fauna, including species living outside the Palearctic, is also relevant.

**Keywords:** Southern Federal University, Zoology Department, collection fund, Lepidoptera, Pieridae, catalogue, Zoological Museum.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to S. V. Shamonina, A.V. Dolina, A. O. Surma, V. S. Tikhonova and I. K. Bogaeva for their participation in cataloguing the Rhopalocera collection of the Zoological Museum of the Southern Federal University.

#### References

1. PRO Siberia. URL: <https://prosiberia.tsu.ru> (accessed: 23.01.2023)
2. Shapovalov M. I. *Entomological collection*, 52 (Maykop: ASU Publishing House, 2021).
3. Budashkin Yu. I., Milovanov A. E., Ivanov S. P., Puzanov D. V. Collection of Rhopaloceras butterflies (Lepidoptera, Rhopalocera) of Crimean Federal University named in V.I. Vernadski, *Ecosystems*, **5** (35), 40 (2016).

4. Kovalenko M. G., Lovtsova J. A. Intermediate results of the development of the butterfly collection (Lepidoptera, Rhopalocera) of FGBU "VNIKR" Entomological Museum, *Phytosanitary. Plant quarantine*, **1**, 2 (2023).
5. Fund collections of the Zoological Institute – butterflies (Lepidoptera). URL: <https://www.zin.ru/Collections/Lepidoptera> (accessed: 14.06.2023).
6. Kushmelyuk A. N. *Entomological collections as a form of optimization of pedagogical activity in a school biology course*, 66 p. (Biysk, 2017).
7. 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>
8. Romanchuk R. V., Kladvkova 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).
9. 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).
10. 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.
11. 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.
12. Van Nieuwerkerken E. J., Kaila L., Kitching I. J., Kristensen N. P., Lees D. C., Minet J., Mitter Ch., Mutanen M., Regier J. C., Simonsen T. J., Wahlberg N., Yen Sh., Zahiri R., Adamski D., Baixeras J., Bartsch D., Bengtsson B. Å., Brown J. W., Bucheli S. R., Davis D. R., De Prins J., De Prins W., Epstein M. E., Gentili-Poole P., Gielis C., Hättenschwiler P., Hausmann A., Holloway J. D., Kallies A., Karsholt O., Kawahara A. Y., Koster S. (J. C.), Kozlov M. V., Lafontaine J. D., Lamas G., Landry J.-F., Lee S., Nuss M., Park K.-T., Penz C., Rota J., Schintlmeister A., Schmidt B. Ch., Sohn J.-Ch., Solis M. A., Tarmann G. M., Warren A. D., Weller S., Yakovlev R. V., Zolotuhin V. V., Zwick A. Order Lepidoptera Linnaeus, 1758, *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*, 212–221 (Zootaxa. Auckland, New Zealand: Magnolia Press, 2011).
13. Lvovsky A. L., Morgun D. V. *Butterflies of Eastern Europe*, 443 p. (Moscow: KMK Scientific Press, 2007).
14. Anikin V. V., Baryshnikova S. V., Beljaev E. A., Budashkin Yu. I., Van Nieuwerkerken E. J., Gorbunov O.G., Dubatolov V. V., Efetov K. A., Zolotuhin V. V., Knyazev S. A., Kovtunovich V. N., Kozlov M. V., Kononenko V. S., Lovtsova Ju. A., Lukhtanov V. A., Lvovsky A. L., Matov A. Yu., Mironov V. G., Nedoshivina S. V., Ponomarenko M. G., Sviridov A. V., Sinev S. Yu., Solovjev A. V., Streltsov A. N., Trofimova T. A., Ustjuzhanin P. Ya., Shovkoon D. F., Yakovlev R. V. *Catalogue of the Lepidoptera of Russia. Edition 2*, 448 p. (St. Petersburg: Zoological Institute of RAS, 2019).
15. Butterflies of the Caucasus and the South of Russia. URL: <http://babochki-kavkaza.ru> (accessed: 16.06.2023).
16. Lepidoptera of Crimea. URL: <https://lepido.ru> (accessed: 16.06.2023).
17. Poltavsky A. N. *Butterflies of the Rostov region and the south of Russia (Lepidoptera: Rhopalocera)*, 72 (Rostov-on-Don: Artel, 2009).
18. Korshunov Yu. P. *Butterflies of Northern Asia*, 424 p. (Moscow: KMK Scientific Press, 2002).
19. Reichholf-Rim H. *Butterflies*, 288 p. (Moscow: Astrel, 2002).
20. Kornelio M. P. *School guide of butterflies*, 255 p. (Moscow: Prosveshchenie, 1986).
21. Mouha J. *Butterflies*, 192 p. (Prague: Artia, 1979).

22. Kaabak L. V., Sochivko A. V. *Butterflies of the World*, 184 p. (Moscow: Avanta+, 2003).
23. Savchuk V. V. *Atlas of butterflies and caterpillars of Crimea*, 296 p. (Simferopol: Business-Inform, 2013).
24. Della Bruna C., Gallo E., Sbordoni V., Bozano G. C. *Guide to the Butterflies of the Palearctic Region, Pieridae part I, Subfamily Pierinae, Tribe Pierini (partim)*, 92 p. (Milano: Omnes Artes, 2013).
25. Grieshuber J., Bozano G. C. *Guide to the Butterflies of the Palearctic Region, Pieridae part II, Subfamily Coliadinae, Tribe Coliadini*, 86 p. (Milano: Omnes Artes, 2014).
26. Bozano G. C., Coutsis J. G., Heřman P., Allegrucci G., Cesaroni D., Sbordoni V. *Guide to the Butterflies of the Palearctic Region, Pieridae part III, Subfamily Coliadinae, Tribes Rhodocerini, Euremini, Coliadini, Genus Catopsilia & Subfamily Dismorphiinae*, 70 p. (Milano: Omnes Artes, 2016).
27. Back W., Bozano G. C. *Guide to the Butterflies of the Palearctic Region, Pieridae part IV, Subfamily Pierinae (partim), Tribe Anthocharidini*, 102 p. (Milano: Omnes Artes, 2020).
28. Lepiforum e.V. URL: <https://lepiforum.org> (accessed: 03.07.2023).
29. Lepidoptera Mundi. URL: <https://lepidoptera.eu> (accessed: 03.07.2023).
30. Insecta.pro. Insects (Insecta) of the World. URL: <http://insecta.pro> (accessed: 03.07.2023).
31. Korshunov Yu. P. Catalog of lepidoptera (Lepidoptera, Rhopalocera) of the USSR fauna, *Entomological Review*, **51** (1), 136 (1972).
32. Higgins L. G., Riley N. D. *A Field Guide to the Butterflies of Britain and Europe*, 384 p. (London: Harper Collins Publishers, 1980).
33. Morgun D. V., Dovgailo K. E., Rubin N. I., Solodovnikov I. A., Plyushch I. G. *Butterflies (Hesperioidea and Papilionoidea, Lepidoptera) of Eastern Europe. CD determinant, database and software package "Lysandra"*, (Minsk, Kyiv, Moscow, 2005).
34. Tuzov V. K., Bogdanov P. V., Devyatkin A. L., Kaabak L. V., Korolev V. A., Murzin V. S., Samodurov G. D., Tarasov E. A. *Guide to the butterflies of Russia and adjacent territories (Lepidoptera, Rhopalocera). Volume 1. Hesperioidea, Papilionoidea, Pieridae, Satyridae*, 412 p. (Sofia, Moscow: PENSOFT Publishers, 1997).
35. *Colias alfacariensis* Ribbe, 1905 – Southern yellow butterfly // Butterflies of the Caucasus and the South of Russia. URL: <http://babochki-kavkaza.ru/index.php/pieridae/40-colias-alfacariensis---/107--colias-alfacariensis.html> (accessed: 03.07.2023).

**УДК 612.08**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МОЗГА У МОНОЛИНГВОВ И БИЛИНГВОВ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ И ПРОИЗНЕСЕНИИ СЛОВ НА РОДНОМ И НЕРОДНОМ ЯЗЫКАХ**

*Скрябина А. А., Мошкина М. В., Светлик М. В., Нагель О. В., Бушов Ю. В.*

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский государственный университет», Томск, Россия  
E-mail: skryabina.anastasiya1994@yandex.ru*

У юношей и девушек, монолингвов и билингвов, исследовали спектральные характеристики ЭЭГ и корковые взаимодействия на частоте мю-ритма между центральными и другими зонами коры при наблюдении и произнесении слов на родном – русском и неродном – английском языках. Установлено, что корковые взаимодействия на частоте мю-ритма между центральными и другими зонами коры при наблюдении и произнесении слов на родном и неродном языках существенно отличаются у монолингвов и билингвов и зависят от: вида и этапа выполняемой деятельности; пола и эмоциональной значимости слова; языка, на котором произносится это слово. Предполагается, что у билингвов и монолингвов деятельность, связанная с наблюдением и произнесением слов на родном и неродном языках, обеспечивается разными функциональными системами.

**Ключевые слова:** корковые взаимодействия, спектральные характеристики ЭЭГ, мю-ритм, билингвизм, наблюдение и произнесение слов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение влияния многоязычия на когнитивные способности человека является актуальной междисциплинарной проблемой. Это связано с тем, что растущий уровень международной интеграции в сфере науки, образования и производства, значительные миграции населения настоятельно требуют от современного человека знания иностранных языков. Однако влияние многоязычия на психику человека изучено недостаточно. В частности, важная роль в формировании речи и языка отводится зеркальным нейронам [1]. Вместе с тем, данные о влиянии многоязычия на активность и локализацию зеркальных нейронов практически отсутствуют.

Характерным коррелятом активации зеркальных нейронов считается, так называемый, мю-ритм частотой 8–13 Гц, который регистрируется в центральных областях коры и не подавляется при зрительной и слуховой стимуляции [2]. Установлено, что депрессия этого ритма, как и активация зеркальных нейронов, наблюдается не только при выполнении человеком какого-либо действия, но также при наблюдении и мысленном воспроизведении этого действия [2, 3].

Изучение мю-ритма при подготовке [4] и выполнении [5, 6] речевых действий показало, что «коммуникативные» действия сопровождаются такими же изменениями его амплитуды, как и другие движения. Поэтому некоторые

исследователи считают [7], что мю-ритм можно использовать как показатель сенсомоторной интеграции речи, а измерения мю-ритма целесообразно проводить не только в альфа-, но и в бета-диапазонах частот [8, 9].

Проведенные нами исследования показали, что наблюдение за выполнением транзитивных и речевых действий сопровождается активацией не только тех зон коры, где расположены соответствующие «двигательные» или «коммуникативные» зеркальные нейроны, но также других зон коры и базальных ганглиев [10]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что сами по себе «двигательные» и «коммуникативные» зеркальные нейроны не обеспечивают понимание действий и намерений, хотя и участвуют в этих процессах. Предполагается, что эти нейроны обеспечивают взаимодействие между префронтальной корой, сенсорными и двигательными зонами коры, а также местами хранения в мозге двигательных программ (базальные ганглии и мозжечок). Результатом взаимодействия указанных структур, по-видимому, и является понимание действий и намерений других людей. Важную роль в формировании указанных взаимодействий может играть мю-ритм.

Целью настоящего исследования явилось изучение спектральных характеристик ЭЭГ и корковых взаимодействий на частоте мю-ритма у монолингвов и билингвов при наблюдении и произнесении слов на родном и неродном языках.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для достижения поставленной цели исследовали электрическую активность мозга (ЭЭГ) при наблюдении и произнесении эмоционального и неэмоционального слов на родном и неродном языках. В исследованиях приняли участие добровольцы – практически здоровые юноши и девушки (55 человек: среди них 10 монолингвов-юношей; 17 монолингвов-девушек; 9 билингвов-юношей; 19 билингвов-девушек) в возрасте от 18 до 29 лет, учащиеся Томского государственного университета, в том числе и студенты факультета иностранных языков.

Основным критерием выбора участников послужило: владение родным (русским) и неродным (английским) языками. Уровень владения английским языком у монолингвов являлся элементарным A1 (elementary) или ниже среднего A2 (pre-intermediate), тогда как уровень владения английским у билингвов – выше среднего B2 (upper intermediate) или продвинутый C1 (advanced) по шкале CEFR (Common European Framework of Reference).

Для отнесения добровольцев к одной из групп – монолингвы или билингвы – участники исследования проходили предварительное тестирование на определение уровня владения английским языком, разработанное британской языковой школой (<https://www.europa-school.co.uk/language-level-test/>).

Для подтверждения высокого уровня владения английским языком, участники, отнесённые по результатам предварительного тестирования к группе билингвов, проходили тест «English Placement Test C1/C2», разработанный Экономическим университетом в Катовице (Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach) и направленный на установление владения английским языком на профессиональном уровне ([https://www.ue.katowice.pl/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/Placement\\_test\\_C1-C2\\_01.pdf](https://www.ue.katowice.pl/fileadmin/_migrated/content_uploads/Placement_test_C1-C2_01.pdf)).



Для всех участников тип билингвизма являлся одинаковым: последовательный и искусственный. Все испытуемые дали информированное согласие на участие в данном исследовании, которое было одобрено Комиссией по биоэтике Биологического института Томского государственного университета.

В ходе предварительного обследования осуществлялся сбор анамнеза с целью исключения лиц, страдающих неврологическими (эпилепсия), сердечно-сосудистыми и другими заболеваниями. Также проводился сбор языкового анамнеза, на основе которого определялся тип двуязычия. С помощью анкеты Аннет выявляли ведущую руку. По результатам анкетирования подсчитывали в баллах показатель мануального предпочтения (ПМП).

В сериях с наблюдением за произнесением слов испытуемый наблюдал за оператором, который беззвучно одними губами произносил слово, когда стрелка секундомера на экране монитора пересекала деления 0, 5, 10 и т. д. секунд. Всего стрелка секундомера совершала 5 оборотов. В сериях с произнесением слов испытуемый сам выполнял указанную деятельность. Серии чередовались следующим образом: наблюдение за произнесением слова «Раз» («Наблюдение Раз»), произнесение слова «Раз» («Произнесение Раз»), наблюдение за произнесением слова «Боль» («Наблюдение Боль»), произнесение слова «Боль» («Произнесение Боль»), наблюдение за произнесением слова «One» («Наблюдение One»), произнесение слова «One» («Произнесение One»), наблюдение за произнесением слова «Rain» («Наблюдение Rain»), произнесение слова «Rain» («Произнесение Rain»).

В ходе эксперимента оператор располагался за столом, на котором на расстоянии 40-50 см от него находился монитор компьютера. Испытуемый при этом находился спереди и справа на расстоянии 70–80 см от него и следил только за его губами. При произнесении слов испытуемый занимал место оператора и следил за движением стрелки секундомера на экране монитора. Перед выполнением деятельности и в процессе ее выполнения регистрировали ЭЭГ монополярно с помощью 24-канального энцефалографа-анализатора «Энцефалан-131-03» (фирма «Медиком», г. Таганрог, Россия) в лобных (F3, F4, Fz, F7, F8), центральных (C3, C4, Cz), височных (T3, T4, T5, T6), теменных (P3, P4, Pz) и затылочных (O1, O2) отведениях по системе «10–20 %». В качестве референтов использовали отведения A1 и A2. С целью исключения артефактов, связанных с движением глаз и мышечной активностью, регистрировали ЭОГ и ЭМГ мышц шеи и лба. При вводе аналоговых сигналов в ЭВМ частота дискретизации составляла 250 Гц. С целью изучения корковых связей на частоте мю-ритма ЭЭГ предварительно фильтровали. Для этого применяли полосовой фильтр Баттерворта 20-го порядка с коэффициентом подавления частот выше 15 Гц не менее 80 дБ и частот ниже 8 Гц не менее 40 дБ. При обработке полученных данных подсчитывали максимальные значения кросскорреляционных функций и оценки спектральной мощности на коротких отрезках записи ЭЭГ (1,5 с), лишенных артефактов: за 3 с (фон) и 1,5 с (этап подготовки) до пересечения стрелкой секундомера соответствующего деления и сразу после указанного события (этап выполнения действия). Полученные значения коэффициентов корреляции и оценки спектральной мощности усредняли отдельно для каждого этапа деятельности, для каждой серии и по всем испытуемым. При подсчете кросскорреляционных функций

опирались на существующие рекомендации [11] о том, что максимальный временной сдвиг должен быть не более одной десятой длины реализации, которая выбиралась больше или равной десяти периодам мю-ритма (1,5 с). Для описания спектра мощности ЭЭГ применяли преобразование Фурье. Расчет спектра выполнен с аппроксимацией на целые гармоники (8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 Гц), что позволило существенно упростить последующую статистическую обработку и сравнительный анализ результатов. При статистической обработке данных использовали пакет «MatLab v6.5» и критерий Вилкоксона для связанных выборок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты изучения мануального предпочтения показали, что в группах монолингвов и билингвов преобладают праворукие участники. Так, в группе монолингвов-юношей ( $n = 10$ ) 9 человек оказались праворукими и 1 человек – амбидекстром, тогда как в группе монолингвов-девушек ( $n = 17$ ) 14 оказались праворукими, 1 человек отличался выраженной леворукостью, 1 – слабой леворукостью и 1 человек оказался амбидекстром. Аналогичные результаты (преобладание праворуких участников) наблюдались и в группе билингвов. Так, в группе билингвов-юношей ( $n = 9$ ) 8 человек оказались праворукими и 1 человек – амбидекстром, а в группе билингвов-девушек ( $n = 19$ ) 16 человек оказались праворукими, 1 человек отличался выраженной леворукостью и 2 человека слабой леворукостью.

Проведенные исследования показали, что наблюдение за произнесением слов и произнесение слов сопровождаются статистически значимым ( $p < 0.05$ ) по сравнению с фоном снижением спектральной мощности ЭЭГ в центральных областях коры на отдельных частотах мю-ритма. Наиболее ярко это проявилось при наблюдении за произнесением слова «Боль» (Рис. 1–4).

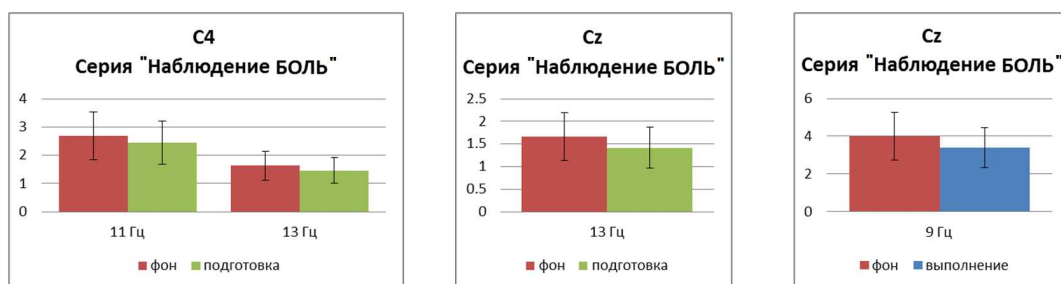


Рис. 1. Изменения спектральной мощности ЭЭГ в отведениях C4 и Cz на разных этапах выполняемой деятельности в серии «Наблюдение БОЛЬ» в группе монолингвов-юношей.

Примечания:

На оси ординат отложены значения спектральной мощности ЭЭГ в мкВ<sup>2</sup>; на оси абсцисс указаны частоты, на которых наблюдались статистически значимые ( $p < 0,05$ ) изменения спектральной мощности.

Фон, подготовка, выполнение – этапы выполняемой деятельности.

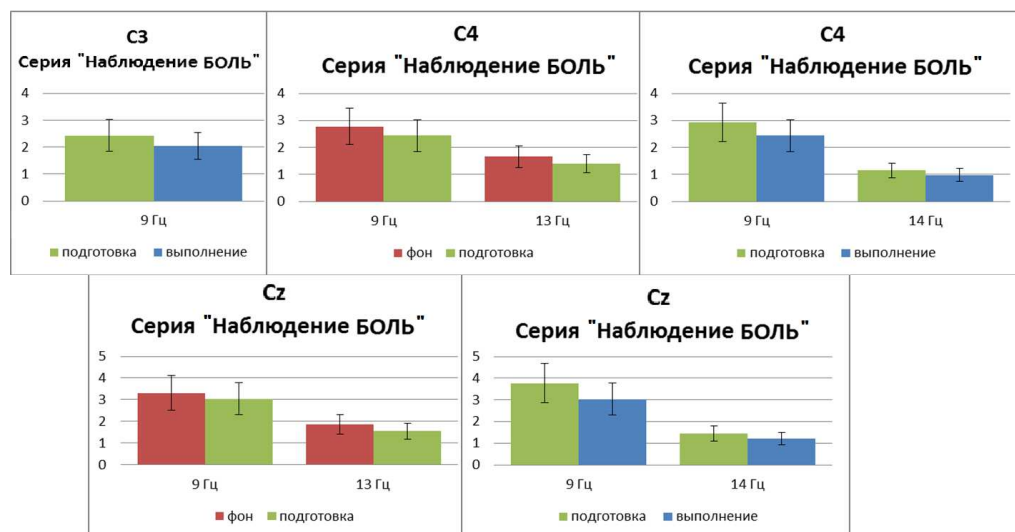


Рис. 2. Изменения спектральной мощности ЭЭГ в отведениях C3, Cz, C4 на разных этапах выполняемой деятельности в серии «Наблюдение БОЛЬ» в группе монолингвов-девушек.

Примечания:

На оси ординат отложены значения спектральной мощности ЭЭГ в мкВ<sup>2</sup>; на оси абсцисс указаны частоты, на которых наблюдались статистически значимые ( $p < 0,05$ ) изменения спектральной мощности.

Фон, подготовка, выполнение – этапы выполняемой деятельности.

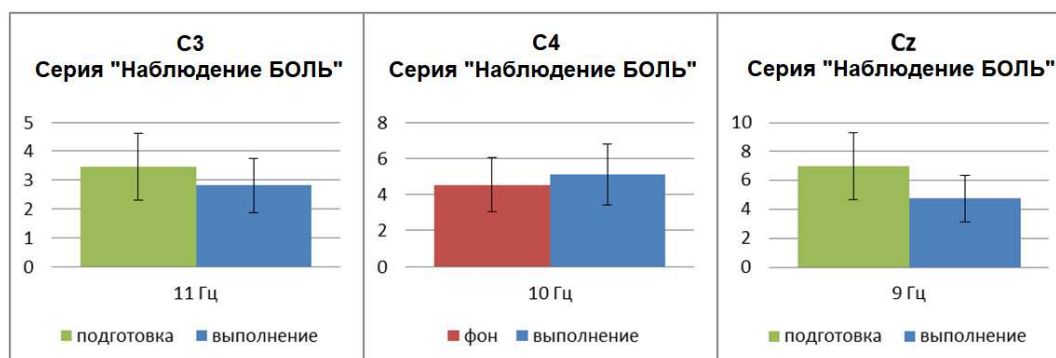


Рис. 3. Изменения спектральной мощности ЭЭГ в отведениях C3, Cz, C4 на разных этапах выполняемой деятельности в серии «Наблюдение БОЛЬ» в группе билингвов-юношей.

Примечания:

На оси ординат отложены значения спектральной мощности ЭЭГ в мкВ<sup>2</sup>; на оси абсцисс указаны частоты, на которых наблюдались статистически значимые ( $p < 0,05$ ) изменения спектральной мощности.

Фон, подготовка, выполнение – этапы выполняемой деятельности.

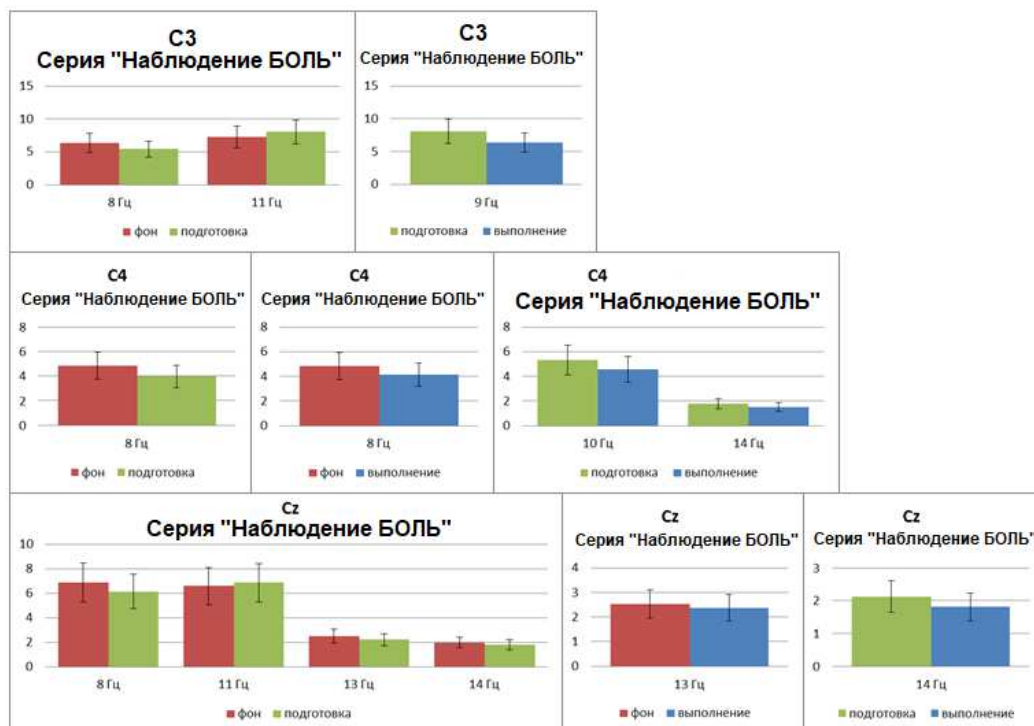


Рис. 4. Изменения спектральной мощности ЭЭГ в отведениях С3, Сz, С4 на разных этапах выполняемой деятельности в серии «Наблюдение БОЛЬ» в группе билингвов-девушек.

Примечания:

На оси ординат отложены значения спектральной мощности ЭЭГ в  $\mu V^2$ ; на оси абсцисс указаны частоты, на которых наблюдались статистически значимые ( $p < 0,05$ ) изменения спектральной мощности.

Фон, подготовка, выполнение – этапы выполняемой деятельности.

Обнаруженное в центральных областях коры снижение спектральной мощности на отдельных частотах мю-ритма при наблюдении и выполнении речевого действия, вероятно, отражает активацию зеркальных нейронов [2, 3].

Проведенные исследования позволили также обнаружить существенные различия между монолингвами и билингвами, юношами и девушками, в изменении корковых связей на частоте мю-ритма при наблюдении и произнесении слов. Так, если у монолингвов-юношей при наблюдении за произнесением слова «Раз» отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) ослабление корреляции между отведениями С4 и Т4 на 2,4 % на этапе подготовки по сравнению с фоном, то у билингвов-юношей при наблюдении за произнесением того же слова отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) усиление корреляции: между отведениями С3 и Сz на 3,1 %, С3 и С4 на 2,7 %, Сz и Р3 на 3,7 %, Сz и Рz на 3,7 %, Сz и О1 на 3,3 %, Т3 и С4 на 3,2 %, С4 и Р3 на 2,8 %, С4 и Рz на 3,4 %, С4 и Т6 на 3,9 %, С4 и О1 на 4,1% на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями С3 и Р4 на 2,4 %, между отведениями С3 и Р4 на 2,4 %, между отведениями С3 и Р4 на 2,4 %, между отведениями С3 и Р4 на 2,4 %.

C3 и O2 на 2,4 %, Cz и P3 на 1,7 %, Cz и Pz на 2,4 %, C4 и T6 на 2,9 % на этапе выполнения по сравнению с фоном; между отведениями T3 и C4 на 2,4 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой, а также ослабление корреляции между отведениями F8 и Cz на 1,5 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой.

В то же время при произнесении того же слова у монолингвов и билингвов-юношей отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) снижение уровней корковых связей на этапах подготовки и выполнения речевого действия по сравнению с фоном, а также на этапе выполнения по сравнению с подготовкой в отведении Cz (Рис. 5–6).

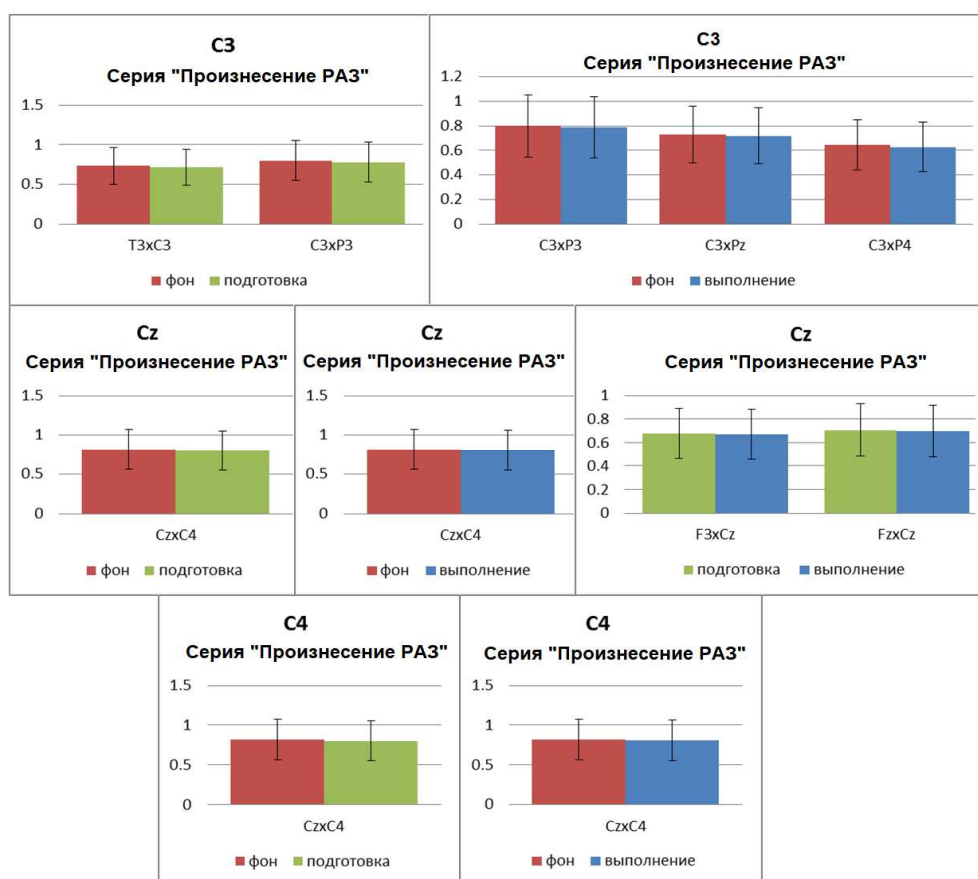


Рис. 5. Зависимость корковых связей на частоте мю-ритма между центральными и другими зонами коры от этапа выполняемой деятельности в серии «Произнесение РАЗ» в группе монолингвов-юношей.

Примечания:

На графике представлены только статистически значимые различия уровней корковых связей ( $p < 0,05$ ).

На оси ординат отложены значения коэффициента корреляции в относительных единицах.

Фон, подготовка, выполнение – этапы выполняемой деятельности.

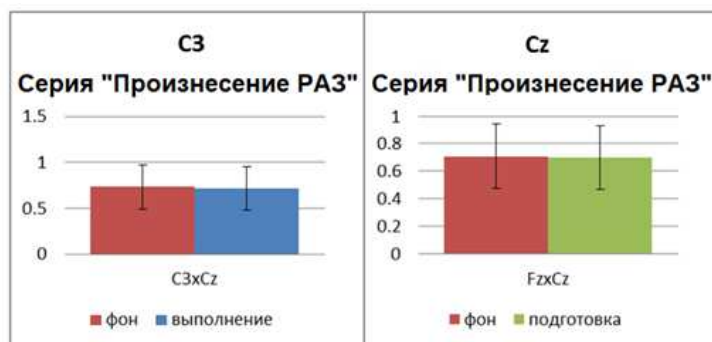


Рис. 6. Зависимость корковых связей на частоте мю-ритма между центральными и другими зонами коры от этапа выполняемой деятельности в серии «Произнесение РАЗ» в группе билингвов-юношей.

Примечания:

Обозначения те же, что и на рис. 5.

Поскольку усиление корковых связей часто обусловлено повышением сложности выполняемого задания [12], можно предположить, что обнаруженное у билингвов-юношей усиление корковых связей при наблюдении за беззвучным (одними губами) произнесением слова «Раз» обусловлено большей сложностью выполняемого задания. В частности, тем, что билингвы вынуждены вначале идентифицировать язык, на котором произносится слово, а затем идентифицировать само слово. При произнесении того же слова сложность задания для монолингвов и билингвов становится примерно одинаковой, что и проявляется в сходной динамике корковых связей. В определенной степени это подтверждают и литературные данные. В частности, в исследованиях с помощью метода фМРТ показано, что активность мозговых структур при продукции речи монолингвами оказалась сходной с их активностью при продукции речи мультилингвами на родном языке [13].

Изучение корковых взаимодействий у юношей при наблюдении за произнесением слова «Боль» позволило обнаружить и у монолингвов, и у билингвов усиление корковых связей между центральными и другими зонами коры.

Так, у монолингвов-юношей при наблюдении за произнесением слова «Боль» отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) усиление корреляции: между отведениями F3 и C3 на 1,7 %, F4 и Cz на 1,3 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями F4 и Cz на 1,7 %, Cz и C4 на 1,3 % на этапе выполнения по сравнению с фоном; между отведениями C3 и T5 на 3,2 %, C3 и P3 на 1,6 %, C3 и P4 на 1,8 %, C4 и T6 на 2,2 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой.

В свою очередь у билингвов-юношей при наблюдении за произнесением того же слова отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) усиление корреляции: между отведениями Fz и C3 на 1,6 %, C3 и C4 на 4,1 %, C3 и T5 на 2,7 %, C3 и T6 на 4,7 %, C3 и O1 на 4,4 %, C3 и O2 на 4,8 %, Cz и T6 на 6,6 %, T3 и C4 на 2,1 %, C4 и T6 на 4,9 %, C4 и O2 на 5,6 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями C3 и O2 на 3,3 %, Cz и C4 на 1,5 %, Cz и P4 на 2,6 %, Cz и T6 на 4,3 %, C4 и T6 на 4,9 %, C4 и O2 на 5,6 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями C3 и O2 на 3,3 %, Cz и C4 на 1,5 %, Cz и P4 на 2,6 %, Cz и T6 на 4,3 %, C4 и T6 на 4,9 %.

C4 и T6 на 3,8 % на этапе выполнения по сравнению с фоном; между отведениями C3 и T4 на 3,6 %, C3 и O1 на 2,6 %, C4 и P4 на 1,9 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой, а также ослабление корреляции между отведениями C4 и T4 на 1,9 % на этапе выполнения по сравнению с фоном.

Вероятно, это усиление связей обусловлено эмоциональной значимостью слова «Боль» и вовлечением в реакцию на это слово эмоциогенных структур. Поскольку слово «Боль» сопровождается негативными эмоциями, можно предположить, что реакция на это слово, по существу, является психологической защитой.

В то же время произнесение того же слова у юношей (билингвов и монолингвов) сопровождается в большинстве случаев статистически значимым ослаблением корковых связей между центральными и другими зонами коры (Рис. 7–8).

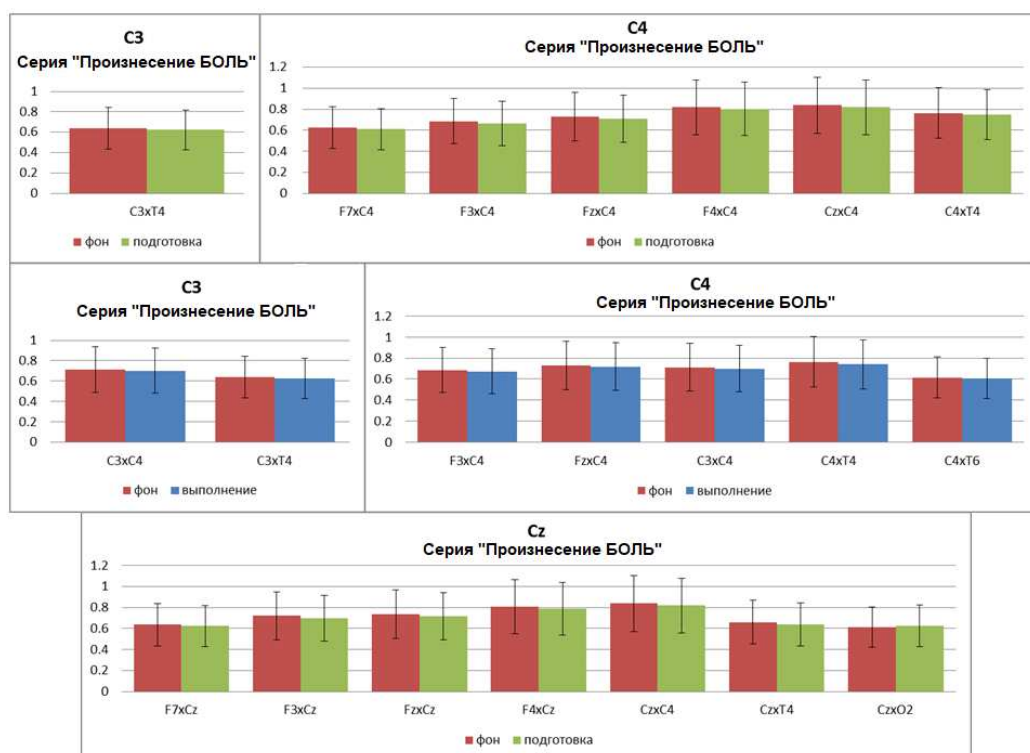


Рис. 7. Зависимость корковых взаимодействий на частоте мю-ритма между центральными и другими зонами коры от этапа выполняемой деятельности в серии «Произнесение БОЛЬ» в группе монолингвов-юношей.

Примечания:

На графике представлены только статистически значимые различия уровней корковых связей ( $p < 0,05$ ).

На оси ординат отложены значения коэффициента корреляции в относительных единицах.

Фон, подготовка, выполнение – этапы выполняемой деятельности.

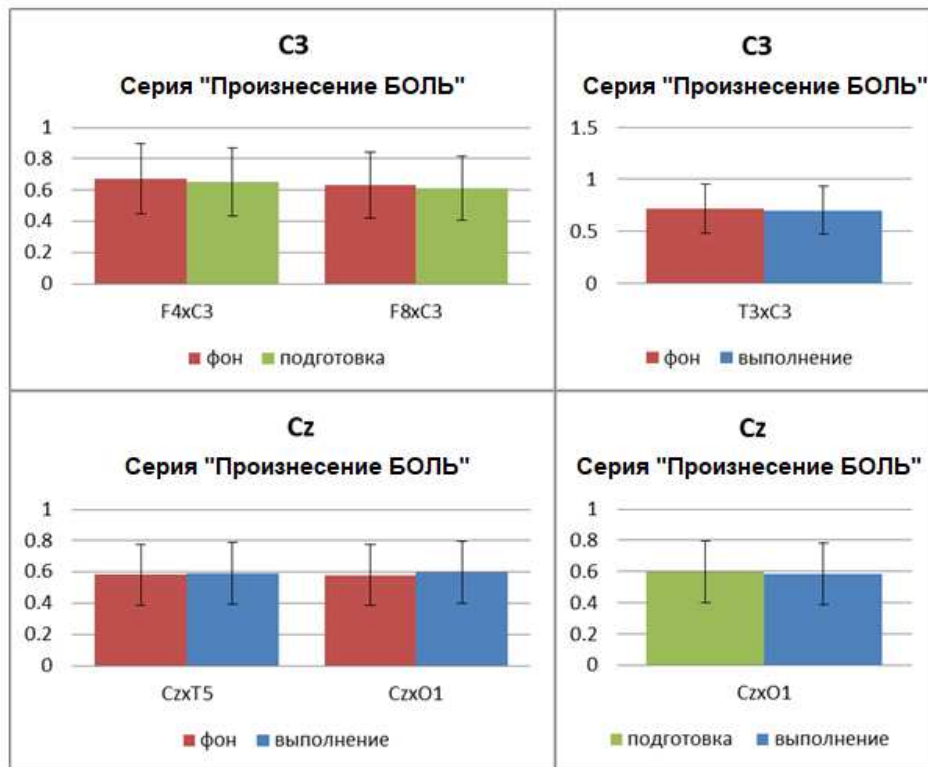


Рис. 8. Зависимость корковых взаимодействий на частоте мю-ритма между центральными и другими зонами коры от этапа выполняемой деятельности в серии «Произнесение БОЛЬ» в группе билингвов-юношей.

Примечания:

На графике представлены только статистически значимые различия уровней корковых связей ( $p < 0,05$ ).

На оси ординат отложены значения коэффициента корреляции в относительных единицах.

Фон, подготовка, выполнение – этапы выполняемой деятельности.

Оказалось, что наблюдение за произнесением слова «One», как и слова «Раз», сопровождается у монолингвов-юношей преимущественно ослаблением корковых связей, а у билингвов-юношей – усилением корковых связей между центральными и другими зонами коры. Так у монолингвов-юношей при наблюдении за произнесением слова «One» отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) ослабление корреляции: между отведениями F8 и C3 на 2,2 %, T3 и C3 на 2 %, C3 и Cz на 2,2 %, C3 и T5 на 1,5 %, Fz и Cz на 1,3 %, C4 и T4 на 3,4 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями F4 и C3 на 2,1 %, T3 и C3 на 2,1 %, C3 и T4 на 2,6 %, Cz и T4 на 2,1 %, C4 и T4 на 3,6 %, C4 и T6 на 2,6 % на этапе выполнения по сравнению с фоном, а также усиление корреляции между



отведениями С3 и О1 на 2 % на этапе подготовки по сравнению с фоном. У билингвов-юношей при наблюдении за произнесением того же слова отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) усиление корреляции: между отведениями С3 и Р3 на 2 %, С3 и Р4 на 2,9 %, Сz и Рz на 3,6 %, С4 и Рz на 3,9 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями С3 и Т4 на 1,4 %, С3 и Р4 на 1,8 %, С4 и Т4 на 2,3 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой.

Произнесение слова «One» у монолингвов-юношей сопровождается как усилением, так и ослаблением корковых связей между центральными и другими зонами коры, тогда как у билингвов-юношей – только ослаблением (Рис. 9–10).

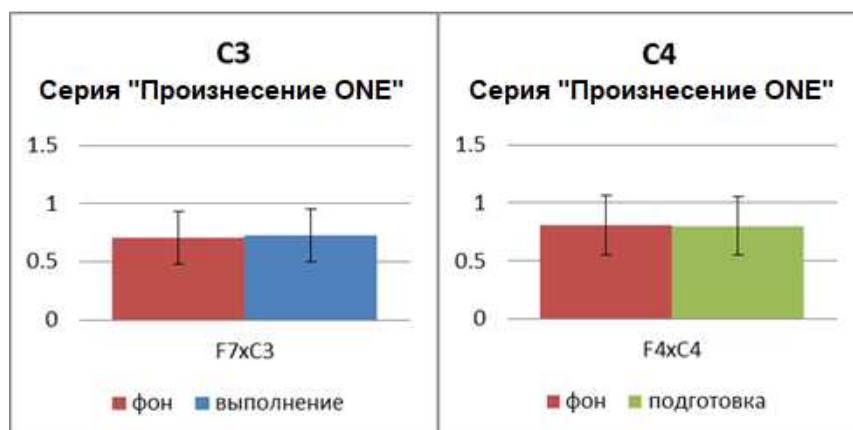


Рис. 9. Зависимость корковых взаимодействий на частоте мю-ритма между центральными и другими зонами коры от этапа выполняемой деятельности в серии «Произнесение ONE» в группе монолингвов-юношей.

Примечания:

На графике представлены только статистически значимые различия уровней корковых связей ( $p < 0,05$ ).

На оси ординат отложены значения коэффициента корреляции в относительных единицах.

Фон, подготовка, выполнение – этапы выполняемой деятельности.

Обнаружено, что наблюдение за произнесением слова «Rain» сопровождается ослаблением и усилением корковых связей у монолингвов-юношей и усилением корковых связей у билингвов-юношей.

Если у монолингвов-юношей при наблюдении за произнесением слова «Rain» отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) ослабление корреляции: между отведениями Т3 и С3 на 1,7 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями С4 и О1 на 1,7 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой, а также усиление корреляции между отведениями Сz и Р4 на 1 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой. У билингвов-юношей, как и при наблюдении за произнесением слова «Боль», отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) усиление корреляции: между отведениями: С3 и С4 на 4 %, С3 и Т6 на 3,1

%, С3 и О1 на 4,6 %, F3 и Cz на 2 %, Cz и О1 на 3 %, С4 и P3 на 3,6 %, С4 и О1 на 3,6 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями С3 и С4 на 3,1 %, С3 и О1 на 2,8 %, F4 и Cz на 2 %, С4 и P4 на 2 % на этапе выполнения по сравнению с фоном.

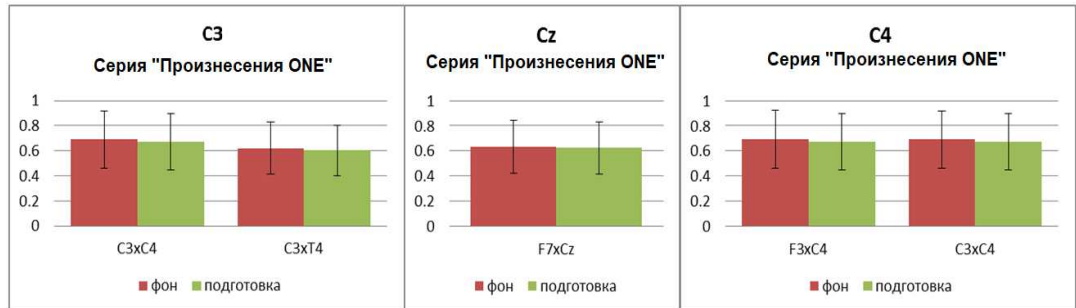


Рис. 10. Зависимость корковых взаимодействий на частоте мю-ритма между центральными и другими зонами коры от этапа выполняемой деятельности в серии «Произнесение ONE» в группе билингвов-юношей.

Примечания:

На графике представлены только статистически значимые различия уровней корковых связей ( $p < 0,05$ ).

На оси ординат отложены значения коэффициента корреляции в относительных единицах.

Фон, подготовка, выполнение – этапы выполняемой деятельности.

Оказалось, что произнесение слова «Rain» сопровождается у монолингвов-юношей усилением и ослаблением корковых связей, а у билингвов-юношей – только ослаблением корковых связей между центральными и другими зонами коры.

Так у монолингвов-юношей при произнесении слова «Rain» наблюдается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) ослабление корреляции: между отведениями Cz и С4 на 1,6 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями Т3 и С3 на 1,6 %, С3 и Т6 на 1,5 % на этапе выполнения по сравнению с фоном; между отведениями F4 и Cz на 1,9 %, Cz и Т4 на 1,3 %, F4 и С4 на 1,8 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой, а также усиление корреляции между отведениями Cz и P3 на 2,6 %, Cz и О2 на 3,7 %, С4 и О1 на 4,6 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями С3 и Т5 на 3,5 %, С3 и О1 на 3,5 %, Cz и О2 на 3,8 %, С4 и P3 на 1,9 %, С4 и Pz на 1,9 %, С4 и О1 на 3,6 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой. У билингвов-юношей при произнесении того же слова наблюдается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) ослабление корреляции между отведениями С3 и Cz на 1,5 % на этапе выполнения по сравнению с фоном.

Возможно, обнаруженные различия обусловлены тем, что произнесение слова «Rain» для монолингвов-юношей является более сложной задачей, чем для билингвов-юношей, которые практически в одинаковой степени владеют русским и английским языками.

Изучение корковых взаимодействий у девушек – монолингвов и билингвов позволило обнаружить и сходство, и различия с динамикой корковых связей у юношей.

В частности, при наблюдении за произнесением слова «Боль», как у юношей, так и у девушек (монолингвов и билингвов), отмечается преимущественно усиление корковых связей.

Так у монолингвов-девушек при наблюдении за произнесением слова «Боль» отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) усиление корреляции: между отведениями Cz и Pz на 1,9 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями F4 и Cz на 1,6 %, F8 и Cz на 1,8 %, F8 и C4 на 1,6 % на этапе выполнения по сравнению с фоном, а также ослабление корреляции между отведениями T3 и C3 на 2 %, C3 и T5 на 2,6 % на этапе выполнения по сравнению с фоном; между отведениями F7 и C4 на 1,7 %, T3 и C4 на 2 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой. У билингвов-девушек при наблюдении за произнесением того же слова отмечается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) усиление корреляции: между отведениями F8 и C3 на 2,1 %, C3 и C4 на 1,9 %, C3 и T4 на 2,5 %, Cz и O1 на 1,5 %, F8 и C4 на 1,7 %, C4 и O1 на 1,7 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями F3 и C3 на 2,8 %, Fz и C3 на 2,7 %, F4 и Cz на 1,4 %, Cz и C4 на 1,4 %, F8 и C4 на 2,7 % на этапе выполнения по сравнению с фоном; между отведениями Cz и O1 на 2,1 %, C4 и T6 на 1,7 %, C4 и O1 на 3 %, C4 и O2 на 1,8 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой, а также ослабление корреляции между отведениями F3 и C3 на 1,7 %, Fz и C3 на 2 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой.

С другой стороны, если у юношей (монолингвов и билингвов) при произнесении слова «Раз» отмечается ослабление корковых связей между центральными и другими зонами коры, то у девушек (монолингвов и билингвов) наблюдается преимущественно усиление корковых связей.

Так у монолингвов-девушек при произнесении слова «Раз» наблюдается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) усиление корреляции: между отведениями Fz и Cz на 2,1 %, Cz и P4 на 1,6 %, C4 и O1 на 1,4 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями Cz и O1 на 1,9 %, C4 и Pz на 1,6 % на этапе выполнения по сравнению с фоном; между отведениями F3 и Cz на 2,1 %, Fz и Cz на 1,8 %, Fz и C4 на 1,7 %, F8 и C4 на 2,2 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой. У билингвов-девушек при произнесении того же слова наблюдается статистически значимое ( $p < 0,05$ ) усиление корреляции: между отведениями C3 и Cz на 1,4 % на этапе подготовки по сравнению с фоном; между отведениями F8 и Cz на 1,8 % на этапе выполнения по сравнению с фоном; между отведениями C4 и T5 на 1,3 % на этапе выполнения по сравнению с подготовкой, а также ослабление корреляции между отведениями Cz и T5 на 1,9 %, Cz и O1 на 2 %, C4 и T5 на 2,5 % на этапе выполнения по сравнению с фоном.

Возможно, обнаруженные различия между юношами и девушками обусловлены тем, что слово «Раз» для девушек не является эмоционально-нейтральным.

Проведенные исследования показали, что корковые взаимодействия на частоте мю-ритма между центральными и другими зонами коры при наблюдении и произнесении слов на родном и неродном языках существенно отличаются у

монолингвов и билингвов и зависят от: вида и этапа выполняемой деятельности; пола и эмоциональной значимости слова; языка, на котором произносятся эти слова.

Обнаруженные межгрупповые различия корковых связей между монолингвами и билингвами, по-видимому, свидетельствуют о том, что предлагаемая деятельность, связанная с наблюдением и произнесением слов на родном и неродном языках, обеспечивается у монолингвов и билингвов разными функциональными системами. На это указывают и некоторые литературные данные, свидетельствующие о том, что освоение иностранного языка сопровождается значительными пластическими перестройками мозговых структур. В частности, установлено [14], что через три месяца интенсивных занятий у курсантов (будущих военных переводчиков) достоверно увеличилась толщина коры в нижней лобной извилине, верхней лобной извилине, верхней височной извилине и средней лобной извилине левого полушария. К тому же, увеличился объем гиппокампа, причем, сильнее всего у тех курсантов, которые достигли наибольших результатов в освоении иностранного языка.

В определенной степени это подтверждают итоги мета-анализа результатов томографических исследований, которые свидетельствуют о том, что использование второго языка у билингвов осуществляется теми же сетями, что и родного, но с привлечением «дополнительных областей мозга» [15].

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, проведенные исследования показали, что наблюдение за произнесением слов и произнесение слов на родном и неродном языках сопровождается снижением спектральной мощности в центральных отведениях ЭЭГ на отдельных частотах мю-ритма и, чаще всего, усилением корковых связей на частоте этого ритма между центральными и другими зонами коры. Характер этих изменений отличается у монолингвов и билингвов и зависит от: вида и этапа выполняемой деятельности; пола и эмоциональной значимости слова; языка, на котором произносятся эти слова.

Предполагается, что у билингвов и монолингвов выполнение когнитивной деятельности, связанной с наблюдением за произнесением слов и произнесением слов на родном и неродном языках, обеспечивается разными функциональными системами.

### **Список литературы**

1. Rizzolatti J. Mirrors in the brain: On the mechanisms of joint action and empathy / J. Rizzolatti, K. Sinigaglia. – М. : Languages of Slavic cultures, 2012. – 208 p.
2. Аликина М. А. Амплитудно-частотные, топографические, возрастные особенности и функциональное значение сенсомоторного ритма ЭЭГ / М. А. Аликина, С. А. Махин, В. Б. Павленко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология и химия. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 3–24.
3. Махин С. А. Система "зеркальных нейронов": актуальные достижения и перспективы ЭЭГ исследований / С. А. Махин // Ученые записки Таврического нац. университета им. В. И. Вернадского. Биология и химия. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 142–146.

4. Gehrig J. Setting up the speech production network: How oscillations contribute to lateralized information routing / J. Gehrig, M. Wibral, C. Arnold, C. A. Kell // *Frontiers in Psychology*. – 2012. – Vol. 3. – P. 169.
5. Mandel A. Sensorimotor activation related to speaker vs. listener role during natural conversation / A. Mandel, M. Bourguignon, L. Parkkonen [et al.] // *Neuroscience Letters*. – 2016. – Vol. 614. – P. 99–104.
6. Salmelin R., Sams M. Motor cortex involvement during verbal versus nonverbal lip and tongue movements / R. Salmelin, M. Sams // *Human Brain Mapping*. – 2002. – Vol. 16, No 2. – P. 81–91.
7. Saltuklaroglu T. EEG mu rhythms: Rich sources of sensorimotor information in speech processing / T. Saltuklaroglu, A. Bowersb, A.W. Harkridera [et al.] // *Brain and Language*. – 2018. – Vol. 187. – P. 41–61.
8. Buzsaki G. *Rhythms of the Brain* / G. Buzsaki. – New York: Oxford University Press, 2006.
9. Kane N. A revised glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and updated proposal for the report format of the EEG findings. Revision 2017 / N. Kane, J. Acharya, S. Beniczky [et al.] // *Clinical Neurophysiology Practice*. – 2017. – Vol. 2. – P. 170–185.
10. Бушов Ю. В. Роль зеркальных нейронов в интерпретации действий и намерений / Ю. В. Бушов, В. Л. Ушаков, М. В. Светлик [и др.] // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. – 2021. – № 56. – С. 86–107.
11. Бендат Дж. Измерение и анализ случайных процессов / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1971. – 408 с.
12. Сви́дерская Н. Е. Пространственная организация ЭЭГ и индивидуально-психологические характеристики / Н. Е. Сви́дерская, Т. А. Коро́лькова // *Журнал высшей нервной деятельности* – 1996. – Т. 46, № 4. – С. 689–698.
13. Abutalebi J. The role of the left putamen in multilingual language production / J. Abutalebi, P. A. Della Rosa, A. K. C. Gonzaga [et al.] // *Brain and language*. – 2013. – Vol. 125, No 3. – P. 307–315.
14. Mårtensson J. Growth of language-related brain areas after foreign language learning / J. Mårtensson, J. Eriksson, N. C. Bodammer [et al.] // *Neuroimage*. – 2012. – Vol. 63, No 1. – P. 240–244.
15. Liu H. L1 and L2 processing in the bilingual brain: A meta-analysis of neuroimaging studies / H. Liu, F. Cao // *Brain and language*. – 2016. – Vol. 159. – P. 60–73.

## ELECTRICAL BRAIN ACTIVITY IN MONOLINGUAL AND BILINGUAL PEOPLE WHEN OBSERVING AND PRONOUNCIING WORDS IN NATIVE AND NATIVE LANGUAGES

*Skryabina A. A., Moshkina M. V., Svetlik M. V., Nagel O. V., Bushov Yu. V.*

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «National Research Tomsk State University», Tomsk, Russia  
E-mail: skryabina.anastasiya1994@yandex.ru*

The study of the impact of bilingualism on the mechanisms of production and perception of speech in native and non-native languages is an urgent problem of physiology. In particular, the influence of bilingualism on cortical interactions at the mu-rhythm frequency has not been sufficiently studied. Mu-rhythm depression (8–13 Hz) is a characteristic correlate of mirror neuron activity.

We studied cortical interactions at the mu-rhythm frequency between the central and other areas of the cortex in monolinguals and bilinguals (boys and girls) when observing and pronouncing words in their native (Russian) and non-native (English) languages.

**Methods.** The study involved boys and girls: monolinguals with A1 (elementary) or A2 (pre-intermediate) English proficiency on the CEFR scale (Common European

Framework of Reference) and bilinguals with B2 (upper intermediate) or C1 (advanced) English proficiency. Type of bilingualism: consistent and artificial.

The participants in the experiment, depending on the series, either silently uttered the word with their own lips, or watched the operator who carried out this activity. The series alternated as follows: observation of the word «Раз», pronunciation of the word «Раз», observation of the word «Боль», pronunciation of the word «Боль», observation of the word «One», pronunciation of the word «One», observation of the word «Pain», pronunciation of the word «Pain». The pronunciation of a word (to the subjects in the series with pronunciation or to the operator in the series with observation) was carried out when the stopwatch arrow on the monitor screen crossed the divisions of 0, 5, 10, etc. seconds. In one series, the stopwatch hand made 5 revolutions.

Before the performance of the activity and during its performance, the EEG was recorded monopolarly in the participants using a 24-channel encephalograph-analyzer «Encephalan-131-03» in the frontal (F3, F4, Fz, F7, F8), central (C3, C4, Cz), temporal (T3, T4, T5, T6), parietal (P3, P4, Pz) and occipital (O1, O2) leads according to the «10–20%» system. Leads A1 and A2 were used as references.

When processing the obtained data, the maximum values of cross-correlation functions and estimates of the spectral power were calculated in short segments of the EEG recording (1.5 sec.) without artifacts: 3 sec. (background) and 1.5 sec. (preparation stage) before the stopwatch arrow crossed the corresponding division and immediately after the specified event (action step). The obtained values of the correlation coefficients and estimates of the spectral power were averaged separately for each stage of activity, for each series and for all subjects. Statistical data processing was performed using the MatLab v6.5 package and the Wilcoxon test for linked samples.

**Results.** The conducted studies showed that the observation and pronunciation of words in the native and non-native languages by monolinguals and bilinguals are accompanied by a statistically significant ( $p < 0.05$ ) decrease in the spectral power in the central EEG derivations at certain mu-rhythm frequencies and at different stages of the activity performed.

In addition to the above, it was found that cortical interactions at the mu-rhythm frequency between the central and other areas of the cortex during observation and pronunciation of words in the native and non-native languages differ significantly in monolinguals and bilinguals and depend on: the type and stage of the activity performed; gender and emotional significance of the word; the language in which the word is spoken.

When observing the pronunciation of the word «Раз» in monolingual youths, a statistically significant ( $p < 0.05$ ) weakening of the correlation between some central and other cortical zones is noted, when observing the pronunciation of the word «Боль» – an increase in correlation, while in bilingual youths in both cases, there is both an increase and a decrease in the correlation (however, the increase predominates). A statistically significant ( $p < 0.05$ ) decrease in the levels of cortical connections between some central and other areas of the cortex in both groups is observed when pronouncing the word «Раз» and in most cases when pronouncing the word «Боль».

When observing the pronunciation of the word «One», monolingual youths are dominated by a weakening of cortical connections between some central and other areas of the cortex, while bilingual youths show an increase in cortical connections.

Pronunciation of the word «One», observation of the pronunciation of the word «Pain» and pronunciation of the word «Pain» in monolingual youths is accompanied by both strengthening and weakening of cortical connections between the central and other cortical areas, while in bilingual youths pronouncing the word «One» and the pronunciation of the word «Pain» are characterized only by a weakening of the cortical connections between the central and other areas of the cortex, and the observation of the pronunciation of the word «Pain» only by strengthening.

The study of cortical interactions in girls – monolinguals and bilinguals – found both similarities and differences with the dynamics of cortical connections in boys.

**Conclusion.** It is assumed that in bilinguals and monolinguals, activities related to the observation and pronunciation of words in their native and non-native languages are provided by different functional systems.

**Keywords:** cortical interactions, spectral characteristics of EEG, mu rhythm, bilingualism, observation and pronunciation of words.

### References

1. Rizzolatti J. and Sinigaglia K., *Mirrors in the brain: On the mechanisms of joint action and empathy*, 208 p. (Languages of Slavic cultures, Moscow, 2012).
2. Alikina M.A., Makhin S.A. and Pavlenko V.B., EEG sensorimotor rhythm: amplitude, frequency, topography, age-dependency and functional meaning, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology and chemistry*, **2** (2), 3 (2016).
3. Makhin S.A., «Mirror neurons» system: current achievements and research trends in use of the EEG-based methods, *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry*, **25** (64), (1), 142 (2012).
4. Gehrig J., Wibral M., Arnold C. and Kell C.A., Setting up the speech production network: How oscillations contribute to lateralized information routing, *Frontiers in Psychology*, **3**, 169 (2012).
5. Mandel A., Bourguignon M., Parkkonen L. and Hari R., Sensorimotor activation related to speaker vs. listener role during natural conversation, *Neuroscience Letters*, **614**, 99 (2016).
6. Salmelin R. and Sams M., Motor cortex involvement during verbal versus nonverbal lip and tongue movements, *Human Brain Mapping*, **16** (2), 81 (2002).
7. Saltuklaroglu T., Bowers A., Harkrider A.W., Casenhiser D., Reilly K., Jenson D.E. and Thorndom D., EEG mu rhythms: Rich sources of sensorimotor information in speech processing, *Brain and Language*, **187**, 41 (2018).
8. Buzsaki G. *Rhythms of the Brain* (Oxford University Press Inc., New York, 2006).
9. Kane N., Acharya J., Beniczky S., Caboclo L., Finnigan S., Kaplan P.W. Shibusaki H., Pressler R. and van Putten MJAM., A revised glossary of terms most commonly used by clinical electroencephalographers and updated proposal for the report format of the EEG findings. Revision 2017, *Clinical Neurophysiology Practice*, **2**, 170 (2017).
10. Bushov Yu. V., Ushakov V. L., Svetlik M.V., Kartashov S.I. and Orlov V.A., The role of mirror neurons in the interpretation of actions and intentions, *Tomsk State University Journal of Biology*, **56**, 86 (2021).
11. Bendat, J.S and Piersol A.G., *Measurement and analysis of random data, Measurement and analysis of random processes*, 408 p. (Mir, Moscow, 1971).
12. Sviderskaia N. E. and Korol'kova T. A., The spatial organization of the EEG and individual psychological characteristics, *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat.*, **46** (4), 689 (1996).
13. Abutalebi J., Della Rosa P.A., Gonzaga A.K.C., Keim R., Costa A. and Perani D., The role of the left putamen in multilingual language production, *Brain and language*, **125** (3), 307 (2013).
14. Mårtensson J., Eriksson J., Bodammer N.C., Lindgren M., Johansson M., Nyberg L. and Lövdén M., Growth of language-related brain areas after foreign language learning, *Neuroimage*, **63** (1), 240 (2012).
15. Liu H. and Cao F., L1 and L2 processing in the bilingual brain: A meta-analysis of neuroimaging studies, *Brain and language*, **159**, 60 (2016).

**УДК 502.72:581.9 (471.34)**

## **СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ФЛОРЫ ООПТ «НИЗЕВСКИЙ ТАЁЖНО-БОЛОТНЫЙ КОМПЛЕКС» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

*Сулейманова В. Н.<sup>1,2</sup>, Егорова Н. Ю.<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup>*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный агротехнологический университет», Киров, Россия  
E-mail: venera\_su@mail.ru*

Изучена флора ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс». Флора представлена 212 видами высших сосудистых растений из 60 семейств. В спектре ведущих семейств лидируют семейства *Roaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae*. Ядро флоры составляют бореальные виды, с преобладанием евроазиатских и евросибирских видов. В биоморфологической структуре флоры преобладают травянистые поликарпики, в экологической – мезофилы. В целом, флора исследуемого объекта имеет зонально обусловленные черты и характеризуется как евроазиатско-евросибирско-циркумбореально-бореальная, гемикриптофитная, лугово-опушечно-бореальная.

**Ключевые слова:** флора, редкие виды, Кировская область, ООПТ, «Низевский таёжно-болотный комплекс».

### **ВВЕДЕНИЕ**

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) являются основой для сохранения, воспроизводства и восстановления естественных экосистем, являющихся важнейшим фактором устойчивости окружающей среды. Как известно, флора является динамическим образованием, своеобразным фитоиндикатором, по которому можно судить о степени экологического состояния территории [1]. Мониторинг и анализ флор конкретных территорий позволяет прогнозировать возможные направления ее трансформации и разрабатывать научно-обоснованные рекомендации по фитооптимизации охраняемых природных объектов.

К ООПТ Кировской области по состоянию на 01.01.2022 г. принадлежит 178 природных территорий различного вида и категорий: государственный природный заповедник федерального значения «Нургуш», 3 государственных природных заказника регионального значения: «Пижемский», «Былина», «Бушковский лес», 152 памятника природы регионального значения, зелёная зона городов Кирова, Кирово-Чепецка и Слободского, являющаяся ООПТ регионального значения, и 21 особо охраняемая природная территория местного значения. Общая площадь ООПТ составляет 377,047 тыс. га, или 3,13 % от общей площади области [2].



Цель настоящего исследования – выявление флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» и ее комплексный анализ для разработки природоохранных мероприятий на территории охраняемого объекта.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в вегетационный сезон 2021 г. на территории ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» (Кировская обл., Фалёнский р-н, Низевское сельское поселение). Памятник природы регионального значения «Низевский таёжно-болотный комплекс» создан в целях сохранения в естественном состоянии мало нарушенных южно-таежных сообществ, комплекса верховых и переходных болот, заболачивающихся старичных озер в пойме р. Чепца, являющихся местом произрастания редких видов растений, а также местности с уникальными формами рельефа ледникового происхождения. Площадь территории памятника природы в утвержденных границах составляет 2403,6425 гектара [3, 4].

Изучение флоры проводилось маршрутно-рекогносцировочным методом и методом заложения геоботанических площадок с последующим сбором растений, камеральной обработкой и гербаризацией собранного материала. При выборе маршрутов учитывалась полнота охвата различных растительных сообществ и форм рельефа. В работе использован сравнительный эколого-географо-морфологический методы [5–9]. Для оценки степени антропогенной трансформации флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» использовали индексы апофитизации и адвентизации флоры [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Таксономический анализ флоры.** Флора ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» по данным рекогносцировочного обследования территории представлена 212 видами высших сосудистых растений из 60 семейств, что составляет 14,42 % от общего числа природной флоры Кировской области [11].

В составе флоры выделены пять отделов сосудистых растений – *Magnoliophyta*, *Lycopodiophyta*, *Polypodiophyta*, *Pinophyta*, *Equisetophyta*. Наибольшее число видов флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» принадлежит отделу *Magnoliophyta* – 53 семейства, 140 родов, 198 видов.

Спектр ведущих семейств флоры в убывающем порядке, формируют следующие семейства: *Poaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Cyperaceae*, *Apiaceae*, *Ericaceae*, *Salicaceae*, *Scrophulariaceae*, *Lamiaceae*.

Во флоре ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» наиболее представительными по численности видов являются семейства *Poaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae* (табл. 1). Средних семейств насчитывается 6 – *Cyperaceae*, *Apiaceae*, *Ericaceae*, *Salicaceae*, *Scrophulariaceae*, *Lamiaceae*. Количество мелких семейств составляет 4 – *Rubiaceae*, *Orchidaceae*, *Caryophyllaceae*, *Polygonaceae*. Олиготипными являются 19 семейств: *Equisetaceae*, *Brassicaceae*, *Ranunculaceae*, *Primulaceae*, *Pinaceae*, *Betulaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Violaceae*, *Juncaceae*, *Lemnaceae*, *Campanulaceae*, *Urticaceae*, *Grossulariaceae*, *Plantaginaceae*, *Woodsiaceae*, *Dryopteridaceae*, *Caprifoliaceae*, *Nymphaeaceae*, *Geraniaceae*. В число моновидовых

входят 27 семейств – *Cannabaceae*, *Hypericaceae*, *Rhamnaceae*, *Cupressaceae*, *Lythraceae*, *Convallariaceae*, *Menyanthaceae*, *Boraginaceae*, *Oxalidaceae*, *Trilliaceae*, *Typhaceae*, *Thelypteridaceae*, *Sparganiaceae*, *Solanaceae*, *Saxifragaceae*, *Sambucaceae*, *Potamogetonaceae*, *Thymelaeaceae*, *Lycopodiaceae*, *Butomaceae*, *Araceae*, *Onagraceae*, *Papaveraceae*, *Aristolochiaceae*, *Alismataceae*, *Viburnaceae*, *Valerianaceae*.

**Таблица 1**

**Соотношение семейств и видов флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс»**

Семейства	Количество семейств		Количество видов	
	абс.	%	абс.	%
Крупные (14 и более видов)	4	6,67	63	29,71
Средние (7-13)	6	10,0	47	22,17
Мелкие (5-6)	4	6,67	23	10,85
Олиготипные (2-4 видов)	19	31,66	52	24,53
Монотипные (с 1 видом)	27	45	27	12,74
<b>Всего</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	<b>212</b>	<b>100</b>

**Ареалогический анализ.** Флора ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» характеризуется как бореальная, что обусловлено расположением ее территории в пределах южно-таёжной подзоны. Во флоре в целом, преобладают бореальные виды – 130 видов (61,32 %), такие как *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt, *Pyrola rotundifolia* L., *Trientalis europaea* L., *Oxalis acetosella* L., *Linnaea borealis* L., *Galium boreale* L., *Solidago virgaurea* L., *Juniperus communis* L., *Orthilia secunda* (L.) House и др. (табл. 2). Гипоарктическая и арктическая группа включает виды, происхождение и преимущественное распространение которых связано с гипоарктическим ботаническим географическим поясом [12], т.е. с северной тайгой, лесотундрой, и значительной частью тундровой зоны. Арктические элементы представлены такими видами как *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng., *Comarum palustre* L., *Eriophorum vaginatum* L., *Salix phylicifolia* L., *Saxifraga hirculus* L., *Oxycoccus palustris* Pers., что составляет 2,83 % от общего числа видов флоры ООПТ.

Плюризональная группа составляет 18,40% (39 видов) от общего числа флоры ООПТ. Во флоре ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс», к числу плюризональных видов относятся: *Alisma plantago-aquatica* L., *Arctium tomentosum* Mill., *Achillea millefolium* L., *Artemisia vulgaris* L., *Bidens tripartita* L., *Bunias orientalis* L. и другие виды. В растительных сообществах исследуемой территории лесостепные элементы встречаются довольно редко – 5 видов (2,36%). Это такие виды как: *Veronica spicata* L., *Peucedanum ruthenicum* M. Bieb., *Medicago sativa* L.,

*Centaurea jacea* L., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klaskova. Неморальные и бореально-неморальные виды флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» представлены 32 видами (15,09% от общего числа видов флоры) – *Aegopodium podagraria* L., *Ajuga reptans* L., *Asarum europaeum* L., *Daphne mezereum* L., *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Dryopteris cristata* (L.) A. Gray, *Equisetum hyemale* L. и другие виды.

Таблица 2

**Географическое распространение видов и распределение по зонам распространения флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс»**

Географические элементы флоры	Количество видов	Доля, %
Европейские	11	5,19
Плюрирегиональные	5	2,36
Североамериканские	1	0,47
Евразийские и евроазиатские	67	31,60
Циркумбореальные	59	27,83
Евро-западноазиатские	39	18,40
Евро-западносибирские	18	8,49
Восточноевропейско-азиатские	5	2,36
Восточноевропейско-сибирские	2	0,94
Восточноевропейско-западносибирские	1	0,47
Западно-азиатские	1	0,47
Северо-европейские	1	0,47
Восточноевропейские	2	0,94
Всего	212	100
Зоны распространения видов		
Арктические, арктобореальные и гипоарктические	6	2,83
Бореальные	130	61,32
Неморальные и бореально-неморальные	32	15,09
Лесостепные	5	2,36
Плюризонные	39	18,40
Всего	212	100

В географическом аспекте преобладают евразийские и евроазиатские виды – 67 видов (31,60%), например, *A. millefolium*, *Agrostis stolonifera* L., *Agrostis tenuis* Sibth., *A. plantago-aquatica*, *Alopecurus pratensis* L., *Angelica sylvestris* L., *A. tomentosum* и другие виды. Доля европейских видов во флоре ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» достигает 5,19% (11 видов) – *Campanula patula* L., *Centaurea jacea* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Melampyrum sylvaticum* L., *Ribes spicatum* E. Robson и другие виды. Плюрирегиональные виды составляют 2,36% (5

видов) – *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Lemna trisulca* L., *Lemna minor* L., *Potentilla anserina* L. Из представителей американской группы отмечен только 1 вид исследуемой флоры – *Elodea canadensis* Michx. (0,47%). Циркумбореальные виды во флоре ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» составляют 27,83% (59 видов) – *A. uva-ursi*, *B. tripartita*, *Calla palustris* L., *Carex rostrata* Stokes, *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. и др. Доля евро-западноазиатских видов составляет 18,40% (39 видов) – например *Carex vulpina* L., *Galium palustre* L., *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Rubus idaeus* L., *Vicia cracca* L., а евро-западно-сибирских – 8,49% (18 видов) – *A. europaeum*, *Hypericum maculatum* Crantz, *Lonicera xylosteum* L., *Rhinanthus minor* L., *Stratiotes aloides* L. Восточно-европейско-азиатских видов зафиксировано 5 видов (2,36%) – *Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin., *Dianthus superbus* L., *Rumex confertus* Willd., *Diplazium sibiricum* (Turcz.ex G.Kunze) Sa.Kurata, *Salix myrtilloides* L., восточно-европейско-сибирских видов – 2 вида *Cicuta virosa* L. и *Abies sibirica* Ledeb. (0,94%). Остальные элементы флоры (восточноевропейско-западносибирские, западно-азиатские, северо-европейские) занимают менее 1 % во флоре изучаемого ООПТ.

**Биоморфологический анализ.** Анализ по системе К. Раункиера [9] во флоре ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» показал преобладание гемикриптофитов 106 видов (50%). Представлены они многолетними травянистыми растениями – *Carex cespitosa* L., *Galium rivale* (Sibth. & Smith) Griseb., *Leucanthemum vulgare* Lam., *Rumex acetosa* L., *Tussilago farfara* L. и др. виды. Второй по распространению жизненной формой растений являются геофиты (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, *Paris quadrifolia* L., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Scirpus sylvaticus* L., *T. europaea* и др.) и фанерофиты (*Populus tremula* L., *Pinus sylvestris* L., *Salix myrsinifolia* Salisb., *S. myrtilloides* L., *S. phylicifolia* L., *Rosa acicularis* Lindl., *A. sibirica*, *Picea abies* (L.) H. Karst.) – по 13,2% от общего числа видов. По 7,1% составляют гидрофиты (*Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Nymphaea candida* J. Presl & C. Presl, *L. minor*, *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Equisetum fluviatile* L. и др.) и хамефиты (*Veronica chamaedrys* L., *O. palustris*, *Vaccinium vitis-idaea* L., *Vaccinium myrtillus* L.). На долю терофитов приходится 4,7% – *Urtica urens* L., *R. minor*, *M. sylvaticum*, *Galium aparine* L., *B. tripartita*. Наименьшее число видов (4,2%) относится к гелофитам, это такие виды как: *C. palustris*, *Carex vesicaria* L., *Glyceria fluitans* (L.) R. Br., *Menyanthes trifoliata* L. и др.

Анализ жизненных форм по классификации И.Г. Серебрякова [5] показал, что в общем спектре биоморф преобладают травянистые растения – 83,49% от общего числа видов флоры (177 видов). Среди них наиболее широко распространены травянистые поликарпики, насчитывающие 160 видов (75,47%), например, *A. podagraria*, *C. virosa*, *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Festuca rubra* L., *Lathyrus pratensis* L. (табл. 3). Растения древесной жизненной формы составляют 3,78% от общего числа видов флоры. Это основные лесообразующие породы – *A. sibirica*, *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh., *P. abies*, *P. sylvestris*, *P. tremula*, *Salix caprea* L. и др. Кустарники насчитывают 19 видов (8,96%) – *R. spicatum*, *R. acicularis*, *S. phylicifolia*, *Sambucus racemosa* L., *Viburnum opulus* L. и др. Кустарнички представлены 4 видами (1,89%), такими как *A. uva-ursi*, *O. palustris*, *V.*

*myrtillus*, *V. vitis-idaea*, полудревесные растения – 4 видами (1,88%). Из полукустарников отмечены *R. idaeus*, *Solanum dulcamara* L., из полукустарничков – *C. palustre*, *L. borealis*. Монокарпические травы составляют 8,02%, всего их 17, например, *C. bursa-pastoris*, *Erysimum cheiranthoides* L., *Melampyrum pratense* L., *R. minor*, *U. urens* и др.

Таблица 3

Соотношение отделов и типов жизненных форм по И. Г. Серебрякову [5]

Жизненная форма	Количество видов	Доля, %
<i>А. Древесные растения</i>	31	14,63
1. Деревья	8	3,78
2. Кустарники	19	8,96
3. Кустарнички	4	1,89
<i>Б. Полудревесные растения</i>	4	1,88
1. Полукустарники	2	0,94
2. Полукустарнички	2	0,94
<i>В. Травянистые растения</i>	177	83,49
1. Травянистые поликарпики	160	75,47
2. Монокарпические травы	17	8,02
Всего	212	100

В результате проведенного анализа распределения видов по группам биоморфологического спектра, флору ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» можно охарактеризовать как лесную (гемикриптофитно-геофитно-фанерофитная) с преобладанием травянистых растений – 83,49% от общего числа видов флоры (177 видов).

**Экологический анализ флоры.** Анализ видов флоры по отношению к условиям увлажнения показал (табл. 4) преобладание мезофилов – 58,96%, это 125 видов. Данная группа включает в себя такие виды как – *A. sylvestris*, *B. orientalis*, *D. filix-mas*, *H. maculatum*, *Plantago major* L. и др. К ксеромезофилам отнесено 7 видов (3,30%) – *A. uva-ursi*, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub, *Festuca ovina* L. и др. Отмечен 1 мезоксерофил (0,47%) – *J. communis*. Растений сухих местообитаний (ксерофилов) на территории ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» не обнаружено. Гигрофилы – влаголюбивые растения, произрастающие в условиях высокой влажности, составляют 22,64% (48 видов) – *A. stolonifera*, *C. virosa*, *G. palustre* L., *Lysimachia vulgaris* L., *A. plantago-aquatica*. Так же отмечены 4 вида, относящиеся к группе мезогигрофилов – *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soo`, *Dactylorhiza maculata* (L.) Soo`, *S. phyllicifolia*, *Salix triandra* L. Число видов гигромезофилов составляет 10 (4,72%) – *A. pratensis*, *Humulus lupulus* L.,

*Lysimachia nummularia* L., *S. myrsinifolia*, *Valeriana officinalis* L. и др. Гидрофилы представлены 17 видами, некоторые из них – это *N. lutea*, *H. morsus-ranae*, *L. minor*, *Potamogeton natans* L., *S. aloides*.

**Таблица 4**  
**Экологические группы по отношению к условиям увлажнения**

Экологическая группа по отношению к влажности субстрата	Количество видов	Доля, %
Ксерофильная группа	1	0,47
Ксерофилы	0	0
Мезоксерофилы	1	0,47
Мезоксерофильная группа	132	62,26
Ксеромезофилы	7	3,30
Мезофилы	125	58,96
Аквальная группа	79	37,27
Мезогигрофилы	4	1,89
Гигрофилы	48	22,64
Гигромезофилы	10	4,72
Гидрофилы	17	8,02
ВСЕГО	212	100

**Эколого-ценотическая структура флоры.** При анализе эколого-ценотической структуры флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» выделено 7 групп: бореальная, луговая и лугово-опушечная, неморальная, нитрофильная, боровая, водно-болотная (рис. 1). Преобладают луговые и лугово-опушечные виды – *A. tomentosum*, *C. patula*, *G. boreale*, *L. vulgare*, *Ranunculus polyanthemos* L., на долю которых приходится 27,83% видового состава.

Высокая доля в флористическом составе ООПТ характерна для бореальных видов – *Equisetum sylvaticum* L., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman, *M. sylvaticum*, *S. virgaurea*, *T. europaea*, *D. complanatum*, *L. borealis*, *O. secunda*, *Pyrola minor* L., *V. vitis-idaea*, включающая 22,17% от общего числа видов. Относительно широко представлена группа водно-болотных видов – *A. plantago-aquatica*, *C. vesicaria*, *E. fluviatile*, *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Scutellaria galericulata* L., включающая 20,75% от общего числа видов. Нитрофильная группа занимает около 12,26% – *Alnus incana* (L.) Moench, *Chelidonium majus* L., *G. aparine*, *Mentha arvensis* L., *R. spicatum*. Несколько меньшее количество видов (9,43% от общего числа видов) насчитывает неморальная группа – *A. europaeum*, *Carex digitata* L., *Festuca gigantea* (L.) Vill., *Heraclеum sibiricum* L., *Vicia sylvatica* L. Предпоследнее место по количеству занимают боровые виды (5,66%) – *A. uva-ursi*, *C. epigeios*, *F. ovina*, *J. communis*, *P. sylvestris*. На долю видов олиготрофной группы приходится 1,89% – *C. rostrata*, *E. vaginatum*, *O. palustris*, *S. hirculus*.

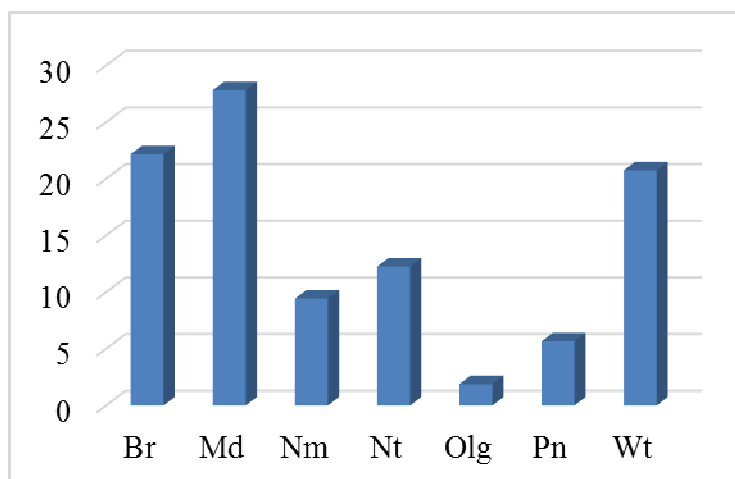


Рис.1. Эколого-ценотические спектры сосудистых растений в изученных фитоценозах ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс»

Примечание: Br-бореальная, Md- луговая и лугово-опушечная, Nm- неморальная, Nt- нитрофильная, Pn- боровая, Wt- водно-болотная (гигрофильная)

**Хозяйственное значение.** При анализе хозяйственного значения флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» выделено 8 основных групп хозяйственно-ценных видов: декоративные, ядовитые, пищевые, лекарственные, медоносные, кормовые, перганосные, технические.

Значительную часть флоры составляют лекарственные растения (18,89%), например, *Tanacetum vulgare* L., *Urtica dioica* L., *V. vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *V. officinalis*, *Campanula glomerata* L., *Fragaria vesca* L., *H. maculatum*, *Luzula pilosa* (L.) Willd. и др. Высокий процент участия во флоре ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» приходится на технические растения (18,59%) – *A. sibirica*, *B. pendula*, *P. abies*, *P. sylvestris*, *L. nummularia*, *Persicaria amphibia* (L.) Delarbre, *P. anserina*, *Salix cinerea* L., *S. racemosa*, *V. opulus*, *Typha latifolia* L., *U. dioica*. Довольно многочисленная группа медоносных растений (16,49%) – *Butomus umbellatus* L., *C. ruthenicus*, *D. mezereum*, *G. aparine*, *Hieracium umbellatum* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *V. cracca*, *Trifolium pratense* L. Участие декоративной группы растений составляет около 13% – *C. jacea*, *D. complanatum*, *L. borealis*, *Trifolium medium* L., *Vicia sepium* L. Кормовые растения занимают около 13% флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» – *M. arvensis*, *A. tomentosum*, *B. inermis*, *E. canadensis*, *L. trisulca*, *P. natans* и др. Пищевых растений в изучаемой флоре 12,44% – *V. vitis-idaea*, *V. myrtillus*, *F. vesca*, *M. arvensis*, *V. opulus*, *U. dioica*, *Sorbus aucuparia* L., *C. angustifolium* и др. Участие ядовитых растений не велико (7,20%) – *A. europaeum*, *C. majus*, *E. fluviatile*, *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *C. virosa*, *P. quadrifolia* и др. Отмечен 1 перганосный вид (0,15%) – *A. incana*.

Аборигенная фракция флоры составляет 207 видов (97,64%). Адвентивных видов во флоре насчитывается 5, это *E. canadensis*, *C. arvense*, *G. aparine*, *M. sativa*,

*S. racemose*.

При изучении флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» проведен анализ адвентивного компонента. Принадлежность видов к адвентивному элементу флоры определялась согласно флористической сводке «Флора Вятского края» [11]. По способу иммиграции преобладает группа автохоров, которая составляет 207 видов (97,64%). Кроме автохоров присутствуют так же и ксенофиты – это случайно занесенные виды (1,42%). Доля эргазиоксенофитов ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» составляет 0,94% – *M. sativa* L., *S. racemosa*. Присутствие эргазиофитов не обнаружено. Коэффициент адвентизации составляет – 2,36%, что свидетельствует о высокой степени сохранности типичной флоры объекта и ее незначительном изменении под воздействием внешних факторов. Синантропная флора содержит 36 видов и представлена в основном апофитами – *A. tomentosum*, *A. vulgaris*, *B. inermis*, *B. tripartita*, *B. orientalis*, *C. epigeios*, *E. repens* и др. Коэффициент апофитизации составляет – 16,98%.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Флора ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» представлена 212 видами высших сосудистых растений из 60 семейств, что составляет 14,42% от общего числа природной флоры Кировской области. В спектре ведущих семейств лидирующие позиции занимают семейства *Poaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae*. Аборигенный компонент лежит в основе формирования флоры. Коэффициент адвентивности низкий – 2,36%, что свидетельствует о высокой степени сохранности типичной флоры объекта и ее незначительном изменении под воздействием антропогенных факторов.

Ядро флоры составляют бореальные виды (61,32% от общего количества), типичные для умеренной зоны Голарктики, с преобладанием евроазиатских и евросибирских видов (31,62%). В биоморфологической структуре флоры ООПТ «Низевский таёжно-болотный комплекс» преобладают травянистые поликарпики (75,47%). В экологической структуре доминируют мезофилы. В эколого-ценотическом спектре преобладают луговые и лугово-опушечные (27,83%) и бореальные виды (22,17%).

В целом, флора исследуемого объекта имеет зонально обусловленные черты и характеризуется как евроазиатско-евросибирско-циркумбореально-бореальная, гемикриптофитная, лугово-опушечно-бореальная.

### Список литературы

1. Ильминских Н. Г. Обзор работ по флоре и растительности городов / Н. Г. Ильминских // Географический вестник. Серия экология и природопользование. – 2011. – №1(16). – С. 49–65.
2. О состоянии окружающей среды Кировской области в 2022 году: Региональный доклад. Под общей редакцией Т. Э. Абашева. – Киров, 2022. – 201 с.
3. Постановление Правительства Кировской области от 9 ноября 2015 г. № 69/730. Об объявлении Низевского таежно-болотного комплекса памятником природы регионального значения.
4. Постановление Правительства Кировской области от 10 октября 2019 г. N 530-П. О внесении изменения в Постановление Правительства Кировской области от 09.11.2015 № 69/730.



5. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных / И. Г. Серебряков. – М.: Высшая школа, 1962. – 378 с.
6. Бельгард А. Л. Степное лесоведение / А. Л. Бельгард. – М.: Лесн.про-ть, 1971. – 336 с.
7. Смирнова О. В. Эколого-ценотические группы в растительном покрове лесного пояса Восточной Европы / О. В. Смирнова, Л. Г. Ханина, В. Э. Смирнов // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. – Кн. 1. – М., 2004. – С. 165–175.
8. Смирнов В. Э. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа / В. Э. Смирнов, Л. Г. Ханина, М. В. Бобровский // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2006. – 111 (2). – С. 36-47.
9. Raunkiaer Ch. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography / Ch. Raunkiaer. – Oxford: Clarendon Press, 1934. – 632 p.
10. Jackowiak B. Antropogeniczne przemiany flory roslin nazyniowych Poznania / B. Jackowiak. – Poznan: Wyd-wo un-tu im. A. Mickiewicza, 1990. – 232 p.
11. Тарасова Е. М. Флора вятского края. Часть 1. Сосудистые растения / Е. М. Тарасова. – Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. – 440 с.
12. Юрцев Б. А. Гипоарктический ботанико-географический пояс и происхождение его флоры / Б. А. Юрцев // Комаровские чтения XIX. – М.; Л., 1966. – 93 с.

**STRUCTURAL ANALYSIS OF THE FLORA OF THE SPECIALLY  
PROTECTED NATURAL AREA «NIZEVSKIY TAIGO-BOGS COMPLEX»  
(KIROV REGION)**

*Suleymanova V. N.<sup>1,2</sup>, Egorova N. Yu.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia*

<sup>2</sup>*Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia*

*E-mail: venera\_su@mail.ru*

The natural monument of regional importance "Nizev taiga-marsh complex" was created in order to preserve in its natural state little disturbed southern taiga communities, a complex of raised and transitional bogs, swampy oxbow lakes in the floodplain of the river Cheptsya, which is the habitat of rare plant species, as well as areas with unique landforms of glacial origin. The area of the territory of the natural monument within the approved boundaries is 2403.6425 hectares. The purpose of this study is to identify the flora of the specially protected natural area "Nizevsky taiga-marsh complex" and its comprehensive analysis for the development of environmental measures on the territory of the protected object. The flora of the Nizev taiga-bog complex, according to the reconnaissance survey of the territory, is represented by 212 species of higher vascular plants from 60 families. The flora includes five divisions of vascular plants - Magnoliophyta, Lycopodiophyta, Polypodiophyta, Pinophyta, Equisetophyta. The largest number of flora species of the Nizev taiga-marsh complex belongs to the Magnoliophyta division - 53 families, 140 genera, 198 species. The spectrum of leading flora families in descending order is formed by the following families: *Poaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae*, *Cyperaceae*, *Apiaceae*, *Ericaceae*, *Salicaceae*, *Scrophulariaceae*, *Lamiaceae*. The flora of the "Nizev taiga-marsh complex" characterized as boreal, which is due to the

location of its territory within the southern taiga subzone. The flora as a whole is dominated by boreal species - 130 species (61.32%). Analysis according to the system of K. Raunkier in the flora of the "Nizev taiga-marsh complex" showed the predominance of hemicryptophytes (50%). Analysis of life forms according to I.G. Serebryakova showed that herbaceous plants predominate in the total spectrum of biormorphs - 83.49% of the total number of flora species (177 species). Analysis of flora species in relation to moisture conditions showed the predominance of mesophiles - 58.96%. When analyzing the ecological and cenotic structure of the flora of the Nizev taiga-bog complex, 7 groups were identified: boreal, meadow and meadow-edge, nemoral, nitrophilic, pine forest, wetland. Meadow and meadow-edge species predominate. According to the method of immigration, the group of autochoirs prevails, which makes up 207 species (97.64 %). The coefficient of adventization is 2.36 %, which indicates a high degree of preservation of the typical flora of the object and its slight change under the influence of external factors. The synanthropic flora contains 36 species and is mainly represented by apophytes – *A. tomentosum*, *A. vulgaris*, *B. inermis*, *B. tripartita*, *B. orientalis*, *C. epigeios*, *E. repens* and others. The apophytization coefficient is 16.98 %.

**Keywords:** flora, rare species, Kirov Oblast, "Nizevsky taiga-marsh complex"

### References

1. Ilminkikh N. G., Review of works on the flora and vegetation of cities . *Geographic Bulletin. Series ecology and nature management*, **1(16)**, 49 (2011).
2. On the state of the environment of the Kirov region in 2022: Regional report. Under the general editorship of T. E. Abashev (Kirov, 2022).
3. Decree of the Government of the Kirov region of November 9, 2015 No. 69/730. On the announcement of the Nizevo taiga-marsh complex as a natural monument of regional significance (Kirov, 2015).
4. Decree of the Government of the Kirov Region of October 10, 2019 N 530-P. On amendments to the Decree of the Government of the Kirov Region dated November 9, 2015 No. 69/730 (Kirov, 2019).
5. Serebryakov I. G., *Ecological morphology of plants. Life forms of angiosperms and conifers* (Moscow, Higher School, 1962).
6. Belgard A. L., *Steppe forestry* (Moscow, Lesn.pro-t, 1971).
7. Smirnova O. V., Khanina L. G., Smirnov V. E., *Ecological and coenotic groups in the vegetation cover of the forest belt of Eastern Europe Eastern European forests: history in the Holocene and modernity* (Moscow, 2004).
8. Smirnov V. E., Khanina L. G., Bobrovsky M. V., Substantiation of the system of ecological-coenotic groups of plant species in the forest zone of European Russia on the basis of ecological scales, geobotanical descriptions and statistical analysis, *Bulletin Moscow Society of Naturalists. Department of biology*, **111(2)**, 36(2006).
9. Raunkier Ch., *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography* (Oxford: Clarendon Press, 1934).
10. Jackowiak B., *Antropogeniczne przemiany flory roslin nazyniowych Poznania* (Poznan:Wyd-wo un-tu im. A. Mickiewicza, 1990).
11. Tarasova E. M., *Flora of the Vyatka region. Part 1. Vascular plants* (Kirov: JSC "Kirov Regional Printing House", 2007).
12. Yurtsev B. A., *Hypoarctic botanical-geographical belt and the origin of its flora Komarov Readings XIX* (Moscow; Leningrad, 1966).

**UDK 575.162**

## **SEARCH FOR GENETIC AND PHENOTYPICAL BASES OF HUMAN PREDISPOSITION TO RISK BEHAVIOR**

*ShatyrYu. A.<sup>1</sup>, Nazarov N. O.<sup>2</sup>, Glushakov R. I.<sup>1</sup>, Ulesikova I. V.<sup>1</sup>,  
Kukhtalev V. V.<sup>1</sup>, Mulik A. B.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Military Medical Academy named after S M Kirov of the Ministry of Defense of the Russian Federation,  
St. Petersburg, Russian Federation;*

<sup>2</sup>*GUZ Clinical Hospital № 5, Volgograd, Russian Federation*

*E-mail: yuliashatyr@gmail.com*

As a result of the study, the systemic organization of the genetic and phenotypic mechanisms of the individual formation of a person's propensity for risky behavior is substantiated. Predisposition to risky behavior in men is due to the minor A/A genotype within the SNP rs1851048 (CACNA2D3), while in women it is due to the major genotype G/G rs1851048 (CACNA2D3) and the major genotype A/Ars2562456 (ZNF). Both in men and women, the phenotypic factors of risky behavior are: an increased level of irritability, neuroticism, reactive aggressiveness, emotional lability, touchiness, and the severity of psychotype A.

**Keywords:** risky behavior; genetic status; phenotype; psychological status.

### **INTRODUCTION**

The propensity to take risks is a natural element of the individual specifics of goal-directed behavior. Depending on the type of activity, risky behavior can lead to the achievement of both positive and negative results. From a medical point of view, risky behavior is clearly assessed as negative, which threatens human life and health. The scientific study of risky behavior is initially based on its negative assessment, where the propensity for risk is defined as self-destructive behavior, due, among other things, to the low adaptive capabilities of the individual [1].

In psychology, when studying risky behavior, there are two main approaches: situational, aimed at identifying external factors that determine the specifics of an individual's actions in each specific situation, and a personal approach that ensures the determination of stable individual characteristics and qualities of a person that characterize his ability to risky behavior. External factors that predetermine risky behavior include the specific socio-cultural context, the rules and norms of social life, and the possibility of violating the laws adopted in society with impunity. Internal factors predetermining risky behavior are gender, age and behavioral characteristics, the specifics of the course of individual biological, emotional and cognitive processes, attitudes and beliefs of a person [2]. At the same time, despite the certain significance of exogenous factors that potentially provoke an individual to risky actions, nevertheless, the likelihood of implementing risky behavior under any circumstances primarily depends on the individual psychophysiological and psychological characteristics of a person [3].

Questions of biological determination of risky behavior remain less studied in science. The widely known anthropological theory of C. Lombroso, which tried to substantiate the connection between criminal behavior and somatotypic characteristics of a person, found its continuation in the constitutional theories of E. Kretschmer and W. Sheldon [4], but did not receive further wide development. Currently, this direction is developing in the direction of research into the genetic determinism of various forms of deviant behaviour [5]. The basis of modern psychogenetics is the discovery by W. Pearson of the connection of an extra Y-chromosome in men with a predisposition to criminal violence. The most popular genetic studies of a person's predisposition to the consumption of psychoactive substances, to the development of aggression, to depression and suicidal behavior. In addition, neuromorphological and neurophysiological correlates of deviant behavior are being actively studied. However, the biological concepts of deviant behavior, in particular risky behavior, do not have a systematic, comprehensive development in modern science. There are no genetically determined integrative indicators of a person's propensity for specific forms of risky behavior. As a rule, the role of gender is ignored when looking for factors initiating risk behavior.

As a result of our own studies, we have substantiated the property of integrativity of the level of general nonspecific reactivity of the organism (LGNRO), which comprehensively reflects the genetic, functional, psychophysiological and psychological status of a person. The possibility of instrumental express-assessment of LGNRO by taking into account the threshold of pain sensitivity (TPS) was substantiated [6]. The genetic determinism of LGNRO has been proven, a number of single-nucleotide polymorphisms associated with TPS and the psychological status of a person have been identified [7, 8].

The purpose of the study – to identify factors of genetic and phenotypic conditionality of a person's propensity for risky behavior

#### **MATERIALS AND METHODS**

The study involved 300 clinically healthy men and women aged 18–25, selected by random sampling from 1800 students, representatives of the Caucasian race, indigenous people of 6 main territories of Russia: 1 – North-West (Karelia, Arkhangelsk, Leningrad, Vologda regions), 2 – Center (Samara, Voronezh, Saratov regions), 3 – South (Stavropol Territory, Volgograd Region), 4 – Crimea, 5 – Ural-Siberia (Chelyabinsk Region, Gorny Altai), 6 – Far East (Primorsky Territory). All work was carried out in accordance with the principles of the Universal Declaration of Bioethics and Human Rights (Articles 4 (good and harm), 5 (independence and individual responsibility), 6 (consent) and 9 (privacy and confidentiality) [9].

The psychological status of the study participants was determined by assessing the indicators of the Freiburg multifactorial personality questionnaire – FPI (I. Farenberg, H. Zarg, R. Gampel), temperament and character accentuations (K. Leonhard) [10], behavioral, social, professional, economic, political activity and social destructiveness (Yu. A. Shatyr and others) [11].

The height and body weight of the study participants were determined. The assessment of LGNRO was performed by identifying the time of exposure to infrared

radiation, which has a threshold nociceptive effect on the skin of the dorsal surface of the distal phalanx of the middle finger, using a laboratory algesimeter of the UgoBasile type (Italy). At the moment of reflex removal of the hand from the thermal stimulus, the time in seconds corresponding to the TPS was automatically recorded. High LGNRO corresponds to the minimum values of TPS, low LGNRO corresponds to the maximum values, and average LGNRO corresponds to intermediate values of the TPS [6].

Laboratory genetic study of biological material was carried out by real-time PCR using kits produced by Synthol (Russia) and real-time amplifier RotorGene 6000 (Corbett Research, Australia). Genomic DNA was isolated from buccal epithelium by adsorption on magnetic particles. Polymorphisms that are promising in terms of association with LGNRO and propensity to risky behaviors were studied: rs6923492 in the GRM1 gene, rs6280 in the DRD3 gene, rs1851048 in the CACNA2D3 gene, and rs2562456 in the ZNF gene [12].

For the primary statistical analysis of the total data array, the Python programming languages of the pandas, matplotlib.pyplot, phik, numpy, seaborn, scipy packages were used. The correlation methods Phi\_K Correlation and Global Correlations were applied with the calculation of the corresponding coefficients  $\phi_k$  and  $g_k$  [13]. This provided a screening of relationships, including non-linear ones, from 0.0 to 1.0, without taking into account their direction, between all the studied indicators. The methodological apparatus used provided automatic calculation of relationships between categorical, ordinal and interval variables. The severity of phenotypic traits in the studied SNP genotypes was assessed using the nonparametric Kruskal-Wallis test.

## RESULTS AND DISCUSSION

To identify the main, most pronounced systemic relationships of the analyzed indicators, the global correlation coefficients were calculated for the sample populations of men (Fig. 1) and women (Fig. 2).

The presented data made it possible to identify potential factors initiating or blocking various vectors of risky behavior. At the same time, based on the results of previously performed own studies (3) and known literature data (10), the most promising phenotypic signs of risk behavior were identified from the list of analyzed indicators. The list of indicators provoking risky behavior included: high LGNRO, asociality, depression, dysthymia, cardiotype (psychotype) A, masculinity, neuroticism, touchiness, political activity, irritability, reactive aggressiveness, social destructiveness. Phenotypic indicators that prevent risky behavior were identified: low LGNRO, body weight, shyness, sociability, anxiety, poise, emotional lability.

Then, the potential impact of the analyzed single nucleotide polymorphisms on the phenotypic indicators of a person's propensity to risky behavior was assessed. To do this, for each genotype of the studied SNPs (rs6280 in the DRD3 gene, rs6923492 in the GRM1 gene, rs1851048 in the CACNA2D3 gene, rs2562456 in the ZNF gene), the medians of the selected phenotype indicators were distributed taking into account the sex of the subjects. The data obtained indicate single associations of SNPs with phenotypic signs of a person's propensity to risk behavior. In doing so, two points should be highlighted. First, the associations of rs6280 in the DRD3 gene and rs6923492 in the

GRM1 gene with individual indicators of the psychological status of the subjects do not have a systemic, pronounced character, which makes it possible to further interpret them. Secondly, for both rs1851048 in the CACNA2D3 gene and rs2562456 in the ZNF gene, statistically significant associations with individual phenotypic indicators of risky behavior appear only in relation to men (Table 1) or only in relation to women (Table 2). These tables present only phenotype scores with statistically significant associations or trends towards statistically significant associations ( $p < 0.1$ ) with the analyzed SNPs.

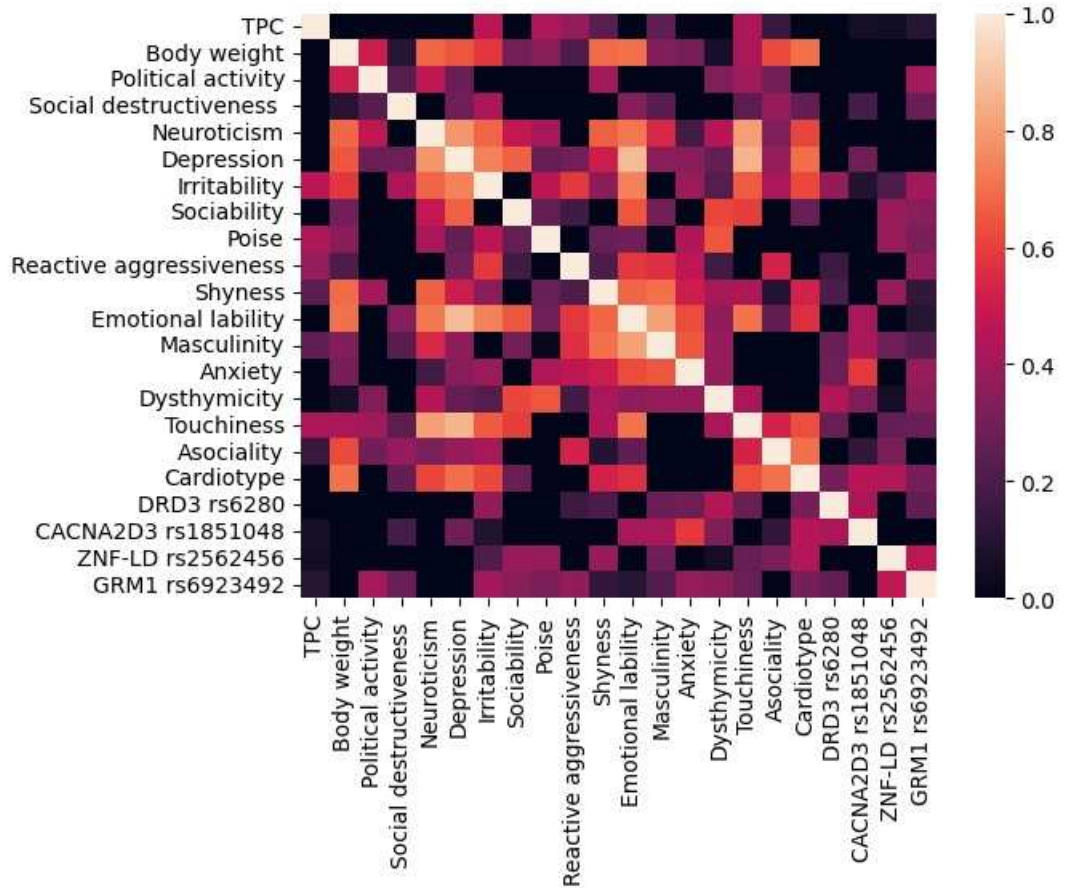


Fig. 1. Relationship between genotypic and phenotypic indicators of potential propensity for risky behavior in men.

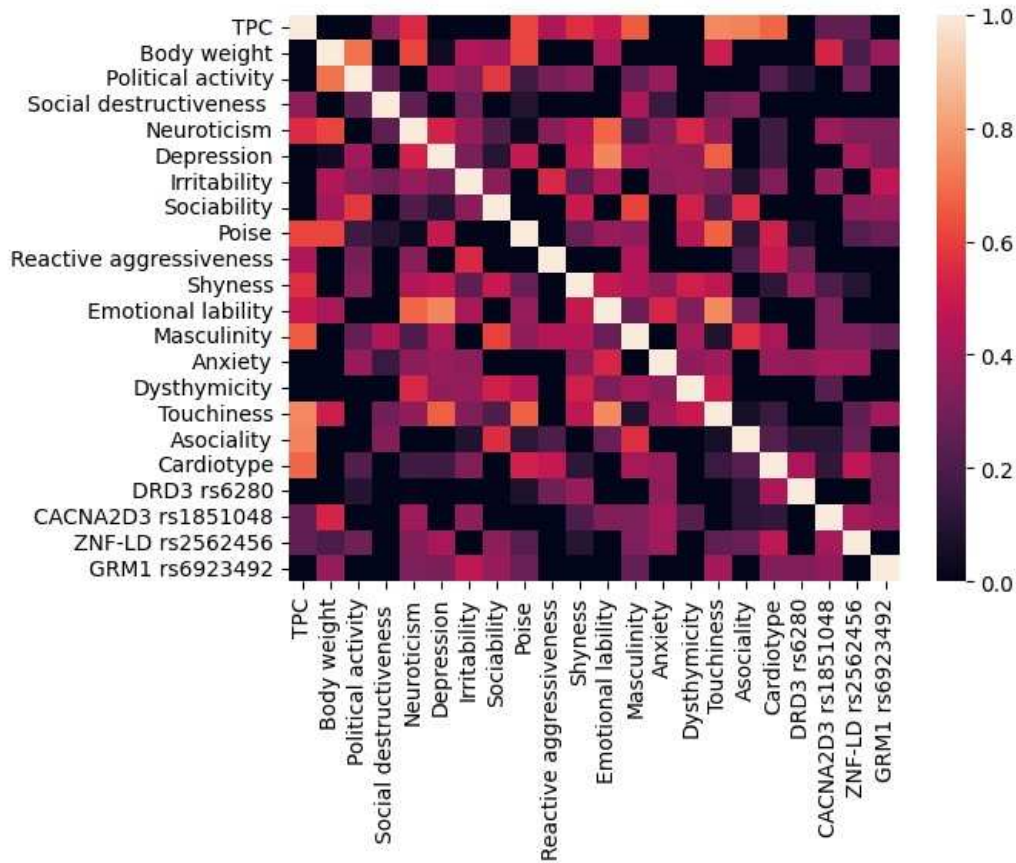


Fig. 2. Relationship between genotypic and phenotypic indicators of potential propensity for risky behavior in women.

Table 1

**Relationship of genotypic and phenotypic indicators of potential propensity to risky behavior in men**

Indicators	SNP							
	CACNA2D3 rs1851048 G/A				ZNF-LD rs2562456 A/G			
	G/G	G/A	A/A	p	A/A	A/G	G/G	p
Cardiotype	9	10	12,5	0,071	9,5	10	11	0,7
Masculinity	8	8	6,5	0,245	8	8	6	0,017
Touchiness	5	4	6,5	0,058	4,5	4	5	0,661
Irritability	3	4	6	0,041	4	4	4	0,942
Poise	6	5	4,5	0,457	5	6	4	0,039

**Table 2**

**Relationship of genotypic and phenotypic indicators of potential propensity to risky behavior in women**

Indicators	SNP							
	CACNA2D3 rs1851048 G/A				ZNF-LD rs2562456 A/G			
	G/G	G/A	A/A	p	A/A	A/G	G/G	p
TPC	8,5	8	13	0,073	7	9	15	0,04
Body weight	55,5	61	52,25	0,011	58,5	58	51,5	0,025
Asociality	2	3	2	0,432	2	3	3	0,072
Depression	7	4	6	0,001	6	5	5	0,455
Dysthymicity	9	6	6	0,093	9	6	9	0,581
Neuroticism	9	5	7	0,001	7	6	8	0,552
Emotional lability	7	4	6	0,005	6	6	6	0,948
Anxiety	12	9	15	0,057	12	9	13,5	0,554

Based on the results of assessing the potential impact of the analyzed single nucleotide polymorphisms on the phenotypic indicators of a person's propensity to risky behavior, taking into account gender, isolated associations of SNPs with phenotypic signs of a person's propensity to risky behavior were established.

In men, the association of the minor A/A genotype rs1851048 (CACNA2D3) with irritability, resentment, and cardiotype A can be interpreted as an element of propensity for risky behavior. The major genotype A/Ars2562456 (ZNF) in men is associated with masculinity against the background of a minimal, statistically insignificant, severity of the cardiotype. Such a combination of indicators of the psychological status in men indicates the absence of a tendency to risky, in particular, auto-aggressive behavior.

In women, the major genotype G/Grs1851048 (CACNA2D3) is statistically significantly associated with depression, neuroticism, emotional lability, and body weight, which in this aggregate confirms its possible role in provoking risky behavior. The major genotype A/ASNPrs2562456 (ZNF) in women is statistically significantly associated with body weight and low TPC, which is associated with risk behavior.

When analyzing the possible phenotypic prerequisites for risky behavior, the main vectors of the phenomenon under study were identified: the risk of social pressure (social destructiveness), the risk of criminal pressure (reactive aggressiveness), the risk of autoaggression (depression) and the risk to life and health associated with diseases of the cardiovascular system (cardiotype A) (Table 3).



**Table 3**  
**Correlations of phenotypic signs of potential propensity to risky behavior in men and women**

Indicator	sex	Psychological markers of the main vectors of risky behavior			
		Social destructiveness	Reactive aggressiveness	Depression	Cardiotype
Destructiveness	m	1	0.449*	-0.033	0.144
	w	1	0.416*	0.016	0.181*
Neuroticism	m	0.02	0.061	0.743*	0.369*
	w	0.093	0.109	0.769*	0.334*
Depression	m	-0.033	0.193*	1	0.383*
	w	0.016	0.121	1	0.305*
Irritability	m	0.219*	0.488*	0.642*	0.462*
	w	0.312*	0.536*	0.484*	0.476*
Sociability	m	0.180*	0.094	-0.552*	-0.004
	w	0.106	0.229*	-0.482*	0.071
Poise	m	0.132	-0.016	-0.466*	-0.325*
	w	0.167	0.164	-0.367*	-0.057
Reactive aggressiveness	m	0.449*	1	0.193*	0.323*
	w	0.416*	1	0.121	0.326*
Shyness	m	-0.185*	-0.115	0.692*	0.190*
	w	-0.127	-0.269*	0.630*	0.075
Emotional lability	m	0.017	0.124	0.915*	0.372*
	w	0.07	0.076	0.877*	0.255*
Masculinity	m	0.383*	0.435*	-0.452*	0.07
	w	0.303*	0.483*	-0.416*	0.160
Anxiety	m	-0.067	-0.033	0.478*	0.197*
	w	0.064	-0.083	0.370*	0.177
Dysthymicity	m	-0.194*	-0.138	0.467*	0.056
	w	-0.063	-0.182*	0.474*	0.01
Touchiness	m	0.031	0.158	0.720*	0.317*
	w	0.062	0.128	0.634*	0.378*
Asociality	m	0.373*	0.293*	0.174*	0.149
	w	0.313*	0.237*	-0.002	0.187*
Cardiotype	m	0.144	0.323*	0.383*	1
	w	0.181*	0.326*	0.305	1
Bodyweight	m	0.171	0.171	-0.206*	-0.030
	w	0.107	-0.006	-0.103	0.016
TPC	m	-0.07	-0.039	-0.182*	-0.016
	w	-0.005	-0.013	-0.021	0.033

Note: \* is a statistically significant level of correlation.

The presented data made it possible to determine the phenotypic prerequisites for various vectors of risky behavior. Social destructiveness in men and women is positively associated with irritability, reactive aggressiveness, masculinity and asociality. Reactive aggressiveness in groups of men and women is positively associated with destructiveness, irritability, masculinity, asociality, and cardiotype A. Depression in groups of men and women is positively associated with irritability, shyness, emotional lability, anxiety, dysthymia and touchiness, and negatively with sociability, poise and masculinity. Both in men and women, cardiotype A is statistically significantly positively associated with neuroticism, depression, irritability, reactive aggressiveness, emotional lability, and touchiness. Among the analyzed phenotype indicators, irritability should be singled out, showing a positive statistically significant relationship with the severity of all vectors of risky behavior. In addition, neuroticism, reactive aggressiveness, emotional lability, resentment, and cardiotype A are characterized by a unidirectional positive association with identified signs of risky behavior in men and women.

### **CONCLUSIONS**

As a result of the study, the systemic organization of the genetic and phenotypic mechanisms of the individual formation of a person's propensity for risky behavior is substantiated. Predisposition to risky behavior in men is due to the minor A/A genotype within the SNP rs1851048 (CACNA2D3), while in women it is due to the major genotype G/G rs1851048 (CACNA2D3) and the major genotype A/Ars2562456 (ZNF). Both in men and women, the phenotypic factors of risky behavior are: an increased level of irritability, neuroticism, reactive aggressiveness, emotional lability, resentment, and the severity of psychotype A.

The lack of a person's inclination to risky behavior, regardless of gender, is primarily due to the psychological properties of the individual: sociability, poise and masculinity. The major A/A genotype in males and the minor G/G genotype in females within the rs2562456 (ZNF) SNP are also likely to be associated with a low risk behavior propensity.

### **FINANCING**

The work was carried out within the framework of the project «Risk assessment of the development of aggressive and suicidal forms of behavior in extreme conditions of professional activity among representatives of various population groups» under the program of academic strategic leadership of the Russian Federation «Priority – 2030»

### **References**

1. Shabolts A. V. Risk and risky behavior as a subject of psychological research, *Vestnik SPbSU. Psychology and Education*, **12(1)**, 1 (2014). [in Rus.]
2. Ipatov A. V. Personal characteristics of destructive adolescents, *Vestnik of the St. Petersburg university of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, **3(63)**, 42 (2014). [in Rus.]
3. Shatyr Yu. A., Delarue V. V., Ulesikova I. V., Mulik I. G., Popov S. F., Mulik A. B. Psychophysiological conditionality of risky human behavior, *Journal of VolgSMU*, **4(72)**, 113 (2019). DOI 10.19163/1994-9480-2019-4(72)-113-118. [in Rus.]

4. Maddan S., Walker J. T., Miller J. M. Does size really matter? A reexamination of Sheldon, s somatotypes and criminal behavior, *The Social Science Journal*, **45(2)**, 330 (2008). doi:10.1016/j.soscij.2008.03.009
5. Kasyanov E. D., Merculova T. V., Kibitov A. O., Mazo G. E. Genetics of bipolar spectrum disorders: focus on family studies using whole exome sequencing, *Russian Journal of Genetics*, **56(7)**, 762 (2020). doi: 10.31857/S001667582007005X. [in Rus.]
6. Mulik A. B., Postnova M. V., Mulik Yu. A. *The level of general nonspecific reactivity of the human body: monograph*, 224 p. (Volgograd: Volgograd scientific publishing house, 2009).[in Rus.]
7. Mulik A., Novochadov V., Bondarev A., Lipnitskaya S., Ulesikova I., Shatyr Y. New insights into genotype-phenotype correlation in individuals with different level of general non-specific reactivity of an organism, *Journal of Integrative Bioinformatics*, **13(4)**, 295 (2016). doi:10.2390/biecoll-jib-2016-295
8. Shatyr Yu. A., Bondarev A. M., Novochadov V. V., Mulik A. B. Virtual Screening SNP-Polymorphisms of Genes Determining the High Level of General Non-Specific Reactivity of Organism, *European Journal of Molecular Biotechnology*, **3(9)**, 174 (2015). doi:10.13187/ejmb.2015.9.174
9. Universal Declaration on Bioethics and Human Rights [Electronic resource]. UNESCO Digital Library (2020). Access mode: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000146180\\_eng](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000146180_eng).
10. Kozlov V. V., Mazilov V. A., Fetiskin N. P. *Socio-psychological diagnostics of personality development and small groups*. Edition 2, supplemented and revised, 720 p. (Moscow: Publishing House of the Institute of Psychotherapy and Clinical Psychology, 2018).[in Rus.]
11. Shatyr Yu. A., Mulik I. G., Ulesikova I. V., Bulatetsky S. V., Mulik A. B. Optimization of the assessment of the severity and direction of human social activity, *Science of the Young (Eruditio Juvenium)*, **5(4)**, 393 (2017). doi:10.23888/HMJ20174393-405. [in Rus.]
12. Mulik A. B., Shatyr Yu. A., Ulesikova I. V., Nazarov N. O. *Systemic mechanisms of population formation of a person's propensity to consume alcohol and tobacco: monograph*, 184 p. (Moscow: Pero Publishing House, 2022).[in Rus.]
13. Phi\_K correlation analyzer library. Version: 0.12.3. Released: Dec 2022. URL: <https://pypi.org/project/phik/>.

**Шатыр Ю. А. Поиск генетических и фенотипических основ предрасположенности человека к рискованному поведению / Шатыр Ю. А., Назаров Н. О., Глушаков Р. И., Улесикова И. В., Кухталёв В. В., Мулик А. Б. // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Биология, химия. – 2023. – Т. 9 (75), №3. – С. 291–299.**

Обоснована системная организация генетических и фенотипических механизмов индивидуального формирования склонности человека к рискованному поведению. Предрасположенность к рискованному поведению у мужчин обусловлена минорным генотипом A/A в SNP rs1851048 (CACNA2D3), а у женщин – мажорным генотипом G/G rs1851048 (CACNA2D3) и основным генотипом A/Ars2562456 (ZNF). Как у мужчин, так и у женщин фенотипическими факторами рискованного поведения являются: повышенный уровень раздражительности, нейротизм, реактивная агрессивность, эмоциональная лабильность, обидчивость, выраженность психотипа А.

**Ключевые слова:** рискованное поведение; генетический статус; фенотип; психологический статус.

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского  
Биология. Химия. Том 9 (75). 2023. № 3. С. 300–305.

**УДК 546.661 : 539.26**

## КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СОЛИ ЕВРОПИЯ(III) С 2,4-ДИХЛОРФЕНОКСИУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ

*Конник О. В.<sup>1</sup>, Кискин М. А.<sup>2</sup>, Смык Д. А.<sup>1</sup>, Шульгин В. Ф.<sup>1</sup>, Гусев А. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь,  
Республика Крым, Россия,*

<sup>2</sup>*Институт общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова РАН, Москва, Россия  
E-mail: shulvic@gmail.com*

Методами элементного и термогравиметрического анализа, ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа исследована соль 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (HL) с европием(III) состава  $[\text{EuL}_3(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})]$ . Комплекс имеет одномерную полимерную структуру, в которой центральные атомы соединены мостиковыми карбоксилат-анионами. За счет реализации  $\pi/\pi$ -взаимодействий и межмолекулярных контактов между одномерными цепями формируется трехмерная структура.

**Ключевые слова:** карбоксилат, 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота, европий, невалентные взаимодействия, рентгеноструктурный анализ.

### ВВЕДЕНИЕ

Координационные соединения на основе катионов редкоземельных металлов вызывают большой интерес благодаря проявлению свойств молекулярных магнитов [1], узкополосной люминесценции [2–5] и протонной проводимости [6]. Особое внимание при конструировании комплексов данного типа уделяется органическому лиганду, его способности не только формировать кластер, но и образовывать межкластерные связи. Одним из подобных лигандов является 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (HL), склонная к реализации  $\pi/\pi$ -супрамолекулярных взаимодействий и разветвленной сети межмолекулярных контактов [7]. При системном исследовании 2,4-дихлорфеноксиацетатов ряда лантаноидов, полученных из ДМФА, стэкинг между ароматическими системами не проявляется. Поэтому представлялось интересным изучить состав и строение солей лантаноидов и 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты, полученных из менее полярных растворителей в первую очередь из водного этанола. В настоящем сообщении описано получение и исследование соли аниона 2,4-Д с катионом европия(III).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследуемое соединение получено взаимодействием раствора 0,35 ммоль нитрата европия в 10 мл 96 %-ного водного этанола с раствором 1,05 ммоль 2,4-дихлорфеноксиацетата натрия в 40 мл этанола. Полученный раствор перемешивали на магнитной мешалке при нагревании до 70 °С в течение 30 минут и оставляли охлаждаться до образования кристаллического вещества. Кристаллы отфильтровали, промывали небольшим количеством этанола и высушивали на воздухе при комнатной температуре. Выход продукта составил около 60% в расчете на соль лантаноида.

[EuL<sub>3</sub>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH] (I): ИК (см<sup>-1</sup>): 3368, 1650, 1592, 1573, 1475, 1450, 1432, 1382, 1333, 1287, 1268, 1255, 1233, 1102, 1075, 1045, 937, 864, 839, 803, 715, 698, 663, 645, 603, 556, 462. Найдено (в %): С 36.30, Н 2.63. Для C<sub>26</sub>H<sub>21</sub>Cl<sub>6</sub>EuO<sub>10</sub> рассчитано (в %): С 36.39, Н 2.47.

Элементный анализ выполняли на автоматическом анализаторе EURO Vector 3000А. ИК-спектры записывали на ИК-спектрометре с Фурье-преобразованием Spectrum Two, снабженном приставкой однократно нарушенного полного внутреннего отражения (Perkin Elmer). Термогравиметрические исследования проводились на синхронном термическом анализаторе STA 6000 в атмосфере азота, скорость нагрева 10 градусов в минуту.

Пригодные для рентгеноструктурного исследования кристаллы отобраны из основной массы полученного вещества. Рентгеноструктурный анализ монокристаллов выполнен на дифрактометре Bruker Smart APEX II оборудованном CCD-детектором и источником монохроматического излучения (MoK $\alpha$ ,  $\lambda = 0.71073$  Å, графитовый монохроматор) с использованием стандартных процедур [8], введена полуэмпирическая поправка на поглощение [9]. Структура расшифрована прямым методом и уточнена в полноматричном анизотропном приближении для всех неводородных атомов. Расчеты проведены с использованием программы SHELX-2014/2015 [10]. Атомы водорода генерированы геометрически и уточнены в модели “наездника”. Геометрия координационного полиэдра катиона европия была определена с использованием программы SHAPE 2.1 [11].

Кристаллографические параметры и детали уточнения структуры I: C<sub>26</sub>H<sub>21</sub>Cl<sub>6</sub>EuO<sub>10</sub>, M = 858.09 г/моль, размер кристалла 0.4x0.05x0.05 мм, бесцветные кристаллы, T = 100(2) К, триклинная сингония, пр. гр.  $\bar{P}$ , a = 7.8044(7), b = 12.8035(96), c = 15.3632(12) Å,  $\alpha = 80.188(2)^\circ$ ,  $\beta = 77.613(3)^\circ$ ,  $\gamma = 87.271(2)^\circ$ , V = 1477.4(2) Å<sup>3</sup>, Z = 2,  $\rho = 1.929$  г/см<sup>3</sup>,  $\mu = 2.722$  мм<sup>-1</sup>,  $\theta = 2.67\text{--}33.01^\circ$ ,  $-10 \leq h \leq 10$ ,  $-17 \leq k \leq 14$ ,  $-20 \leq l \leq 19$ ; всего 13683 отражений, независимых отражений 7264, отражений с  $I \geq 2\sigma(I)$  6616,  $R_{\text{int}} = 0.0474$ ,  $T_{\text{min}}/T_{\text{max}} = 0.4506/0.7466$ , S = 1.049,  $R_1 = 0.0474$ ,  $wR_2 = 0.1255$  (для всех данных),  $\Delta\rho_{\text{min}}/\Delta\rho_{\text{max}} = -5.000/3.229$  eÅ<sup>-3</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Термогравиметрические исследования показывают, что в комплексе I в диапазоне температур от 90 °С до 140 °С происходит уменьшение массы на 4–5 %, сопровождающееся эндотермическим эффектом. Это достаточно хорошо

согласуется с потерей одной молекулы этанола (теоретический расчет 5,4 %). Комплекс стабилен до температуры 185 °С.

В ИК-спектрах исследуемого карбоксилата при координации аниона кислоты катионом лантаноида наблюдается смещение в низкочастотную область полосы, которую можно приписать ассиметричным валентным колебаниям карбоксилат-аниона (максимум поглощения при 1592 см<sup>-1</sup>). Симметричные колебания карбоксилат-аниона проявляются при 1450 см<sup>-1</sup>. При этом наблюдается расщепление на две полосы поглощения каждого из валентных колебаний. Разность частот  $\Delta\nu = \nu_{as}-\nu_s = 142 \text{ см}^{-1}$  характерна для хелатирующей функции карбоксилат-аниона. Полосы поглощения валентных ассиметричных и маятниковых колебаний группировки Ag–O–C лежат в области 1287–1225 см<sup>-1</sup>. Серию полос в области частот 1107–1034 см<sup>-1</sup> можно отнести к валентным колебаниям группы Ag–O–C, а также к колебаниям связи хлор–углерод бензольного кольца (сильная полоса с максимумом при 1075 см<sup>-1</sup>). Многочисленные полосы поглощения в области 900–760 см<sup>-1</sup> характерны для плоскостных и внеплоскостных деформационных колебаний связей углерод-водород бензольного кольца. Широкие полосы с максимумами поглощения в диапазоне 3425–3293 см<sup>-1</sup> отнесены к валентным колебаниям связанной O–H группы молекулы.

Рентгеноструктурные исследования показывают, что соединение является одномерным полимером, содержащим centrosymmetric димерные фрагменты с расстоянием Eu1...Eu1 3.9996(5) Å (рис. 1).

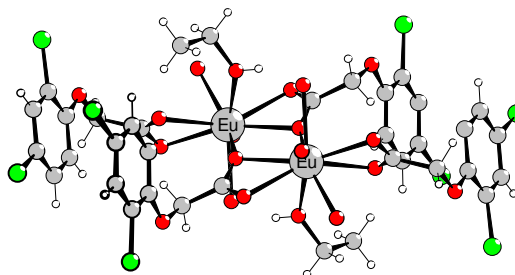


Рис. 1. Центросимметричный димерный фрагмент полимерной цепи комплекса I. Показаны разные способы координации карбоксилат-аниона.

Карбоксилатные лиганды проявляют два способа координации: мостиковый бидентатный и тридентатный хелатно-мостиковый. Атом кислорода молекулы этанола дополняет координационное число центрального атома до 9.

Координационный полиэдр соответствует одношапочной тетрагональной антипризме. Длины связей между атомами кислорода и европия приведены в таблице 1. Длины связей катиона европия с атомом кислорода этанола и карбоксилатными атомами кислорода отличаются незначительно (табл. 1).

**Таблица 1.**  
Длины связей внутри координационного полиэдра в комплексе I.

Связь	d, (Å)	Связь	d, (Å)
Eu1-O5	2.513(3)	Eu1-O2	2.526(3)
Eu1-O1	2.347(3)	Eu1-O4	2.492(3)
Eu1-O9	2.527(3)	Eu1*-O4	2.386(3)
Eu1-O8	2.501(3)	Eu1-O11	2.433(3)
Eu1*-O8	2.403(3)		

Примечание: \*) атомы, связанные центром симметрии

Отличительной особенностью кристаллической структуры исследуемого комплекса является связывание полимерных цепей в трехмерные супрамолекулярные структуры за счет сил невалентных  $\pi/\pi$ -взаимодействий (стэкинг) [12] (рис. 2). Плоскости бензольных колец расположены почти параллельно; угол между ними составляет  $3,6^\circ$ . Расстояние между центроидами взаимодействующих бензольных колец составляет  $3,87 \text{ \AA}$ .

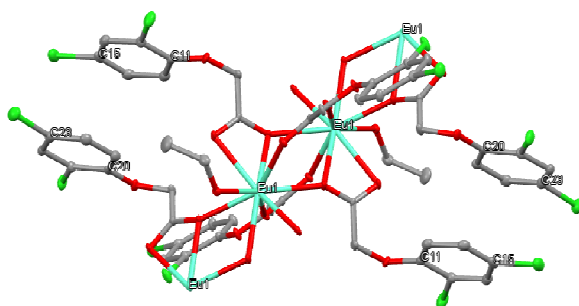


Рис. 2. Фрагмент супрамолекулярной структуры комплекса I. Пронумерованы атомы углерода бензольных колец, связанных силами невалентного  $\pi/\pi$ -взаимодействия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нитрат европия(III) реагирует с натриевой солью 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в среде этилового спирта с образованием одномерного полимера, в котором катионы европия(III) попарно связаны бидентатно- и тридентатно-мостиковыми карбоксилат-анионами. Катионы европия имеют координационное число 9 и геометрию координационного полиэдра, отвечающую одношапочной тетрагональной антипризме.

Список литературы

1. Triple-Interpenetrated Lanthanide-Organic Framework as Dual Wave Bands Self-Calibrated pH Luminescent Probe / S. L. Hou, J. Dong, M. H. Tang [et al.] // *Anal. Chem.* – 2019. – Vol. 91. – P. 5455–5460.
2. An Ultrastable Europium(III)-Organic Framework with the Capacity of Discriminating Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> Ions in Various Solutions / G. X. Wen, Y. P. Wu, W. W. Dong [et al.] // *Inorg. Chem.* – 2016. – Vol. 55. – P. 10114–10117.
3. Effects of ligand and guest solvent molecules on the luminescence properties of Tb: Eu-codoped indium-based MOFs / W. Yan, L. Wang, K. Yangxiao [et al.] // *Dalton Trans.* – 2016. – Vol. 45. – P. 4518–4521.
4. A Water-stable terbium(III)-organic framework as a chemosensor for inorganic ions, nitro-containing compounds and antibiotics in aqueous solutions / J. H. Wei, J. W. Yi, M. L. Han [et al.] // *Chem. Asian J.* – 2020. – Vol. 14. – P. 3694–3701.
5. Nanoporous cobalt(II) MOF exhibiting four magnetic ground states and changes in gas sorption upon post-synthetic modification / M. H. Zeng, Z. Yin, Y. X. Tan [et al.] // *J. Am. Chem. Soc.* – 2014. – Vol. 136. – P. 4680–4688.
6. Lanthanide-Potassium Biphenyl-3,3'-disulfonyl-4,4'-dicarboxylate Frameworks: Gas Sorption, Proton Conductivity, and Luminescent Sensing of Metal Ions / L. J. Zhou, W. H. Deng, Y. L. Wang [et al.] // *Inorg. Chem.* – 2016. – Vol. 55. – P. 6271–6277.
7. Smith G. Herbicides. Part I. Crystal structure of 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) / G. Smith, C.H.L. Kennard, A.H. White // *Chem. Soc. Perkin Trans. 2* – 1976. – P. 791–792.
8. SMART (control) and SAINT (integration) Software. Version 5.0. Madison, WI, USA: Bruker AXS Inc., 1997.
9. Krause L. An empirical correction for the influence of low-energy contamination / L. Krause, R. Herbst-Irmer, D. Stalke // *J. Appl. Crystallogr.* – 2015. – Vol. 48(6). – P. 1907–1913.
10. Sheldrick G.M. Crystal structure refinement with SHELXL / G.M. Sheldrick // *Acta Crystallogr., Sect. C: Struct. Chem.* – 2015. – Vol. 71(1). – P. 3–8.
11. Ruiz-Martínez A. Polyhedral Structures with an Odd Number of Vertices: Nine-Coordinate Metal Compounds / A. Ruiz-Martínez, D. Casanova, S. Alvarez // *Chem. Eur. J.* – 2008. – Vol. 14. – P. 1291–1303.
12. Banerjee A. Understanding the Behavior of  $\pi$ - $\pi$  Interactions in Crystal Structures in Light of Geometry Corrected Statistical Analysis: Similarities and Differences with the Theoretical Models / A. Banerjee, A. Saha, B.K. Saha // *Cryst. Growth Des.* – 2019. – Vol. 19. – P. 2245–2252.

CRYSTAL STRUCTURE OF EUROPIUM(III) SALT WITH 2,4-DICHLOROPHENOXYACETIC ACID

Konnik O. V.<sup>1</sup>, Kiskin M. A.<sup>2</sup>, Smyk D. A.<sup>1</sup>, Shulgin V. F.<sup>1</sup>, Gusev A. N.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>N. S. Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry RAS, Moscow, Russia

E-mail: shulvic@gmail.com

The salt of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (HL) with europium(III) composition [EuL<sub>3</sub>(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)] was studied using the methods of elemental and thermogravimetric analysis, IR spectroscopy and X-ray diffraction analysis. The complex has a one-dimensional polymer structure in which the central atoms are connected by bridging carboxylate anions. The compounds under study were obtained by reacting 0.35 mmol of the corresponding lanthanide nitrate in 10 ml of 96 % aqueous ethanol with a solution of 1.05 mmol of sodium 2,4-dichlorophenoxyacetate in 40 ml of ethanol.



Thermogravimetric studies show that in the complex in the temperature range from 90 °C to 140 °C there is a decrease in mass by 4–5 %, accompanied by an endothermic effect. The complex is stable up to a temperature of 185 °C.

In the IR spectra of the carboxylate under study, when the acid anion is coordinated by a lanthanide cation, a shift to the low-frequency region of the band is observed, which can be attributed to asymmetric stretching vibrations of the carboxylate anion (region from 1594 to 1554 cm<sup>-1</sup>). Symmetrical vibrations of the carboxylate anion appear in the range 1477 – 1418 cm<sup>-1</sup>. In this case, a splitting of each of the stretching vibrations into two absorption bands is observed. The frequency difference  $\Delta\nu = \nu_{as} - \nu_s = 130\text{--}170\text{ cm}^{-1}$  is characteristic of the chelating function of the carboxylate anion.

A distinctive feature of the crystal structure of the complex under study is the binding of polymer chains into three-dimensional supramolecular structures due to the forces of nonvalent  $\pi/\pi$  interactions (stacking). The planes of the benzene rings are located almost parallel; the angle between them is 3.6°.

**Keywords:** carboxylates, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, europium, nonvalent interactions, X-ray diffraction analysis.

### References

- Hou S. L., Dong J., Tang M. H., Jiang X. L., Jiao Z. H. and Zhao B., Triple-Interpenetrated Lanthanide-Organic Framework as Dual Wave Bands Self-Calibrated pH Luminescent Probe, *Anal. Chem.*, **91**, 5455 (2019).
- Wen G. X., Wu Y. P., Dong W. W., Zhao J., Li D. S. and Zhang J., An Ultrastable Europium(III)-Organic Framework with the Capacity of Discriminating Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> Ions in Various Solutions, *Inorg. Chem.*, **55**, 10114 (2016).
- Yan W., Wang L., Yangxiao K., Fu Z. and Wu T., Effects of ligand and guest solvent molecules on the luminescence properties of Tb: Eu-codoped indium-based MOFs, *Dalton Trans.*, **45**, 4518 (2016).
- Wei J. H., Yi J. W., Han M. L., Li B., Liu S., Wu Y. P., Ma L. F. and Li D. S., A Water-stable terbium(III)-organic framework as a chemosensor for inorganic ions, nitro-containing compounds and antibiotics in aqueous solutions, *Chem. – Asian J.*, **14**, 3694 (2020).
- Zeng M. H., Yin Z., Tan Y. X., Zhang W. X., He Y. P. and Kurmoo M., Nanoporous cobalt(II) MOF exhibiting four magnetic ground states and changes in gas sorption upon post-synthetic modification, *J. Am. Chem. Soc.*, **136**, 4680 (2014).
- Zhou L. J., Deng W. H., Wang Y. L., Xu G., Yin S. G. and Liu Q., Lanthanide-Potassium Biphenyl-3,3'-disulfonyl-4,4'-dicarboxylate Frameworks: Gas Sorption, Proton Conductivity, and Luminescent Sensing of Metal Ions, *Inorg. Chem.*, **55**, 6271 (2016).
- Smith G., Kennard C. H. L., White A. H., Herbicides. Part I. Crystal structure of 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid). *Chem. Soc. Perkin Trans. 2* – P.791 (1976).
- SMART (control) and SAINT (integration) Software. Version 5.0. Madison, WI, USA: Bruker AXS Inc., 1997.
- Krause L., Herbst-Irmer R., Stalke D., An empirical correction for the influence of low-energy contamination. *J. Appl. Crystallogr.* **48**(6), 1907 (2015).
- Sheldrick G.M., Crystal structure refinement with SHELXL. *Acta Crystallogr., Sect. C: Struct. Chem.*, **71**(1), 3 (2015).
- Ruiz-Martínez A., Casanova D., Alvarez S., Polyhedral Structures with an Odd Number of Vertices: Nine-Coordinate Metal Compounds. *Chem. Eur. J.* **14**, 1291 (2008).
- Banerjee A., Saha A., Saha B. K., Understanding the Behavior of  $\pi$ - $\pi$  Interactions in Crystal Structures in Light of Geometry Corrected Statistical Analysis: Similarities and Differences with the Theoretical Models. *Cryst. Growth Des.* **19**, 2245 (2019).

УДК 66.095.253 + 615.214

## СИНТЕЗ И ПРОГНОЗИРУЕМАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РЯДА 1-ПРОПАРГИЛ-2-ГИДРОКСИАЛКИЛБЕНЗИМИДАЗОЛОВ

Цикалов В. В., Цикалова В. Н., Баевский М. Ю., Барболин А. П.

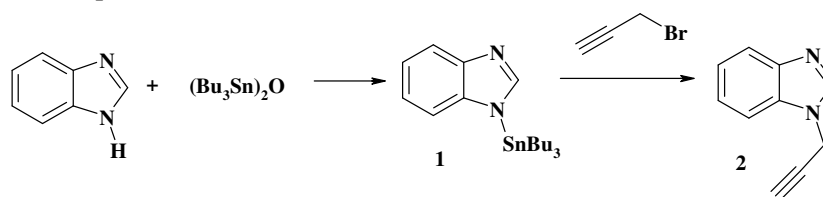
Институт биохимических технологий, экологии и фармации ФГАОУ ВО «КФУ  
им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: ts\_y\_v@mail.ru

На основе гидроксиметил-, 1-гидроксиэтил, 3-гидроксипропил и 4-гидроксибутил производных бензимидазола синтезирован ряд 1-пропаргил-2-гидроксиалкилбензимидазолов в присутствии безводного карбоната калия в среде диметилсульфоксида с высокими выходами. Рассмотрена потенциальная расчетная биологическая активность синтезированных соединений, полученная программой PASSOnline.

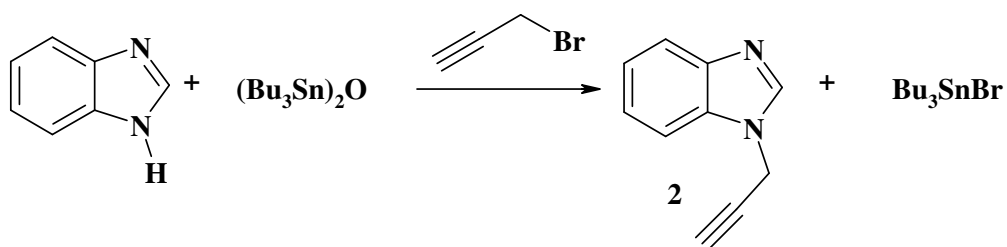
**Ключевые слова:** бензимидазол, алкилирование, пропаргильный заместитель, PASSOnline.

### ВВЕДЕНИЕ

Неотъемлемой частью развития современной фармакологии является синтез новых лекарственных веществ и биологически активных соединений. Основная причина устойчивого интереса к синтезу производных бензимидазолов состоит в широком спектре их биологической активности (антибактериальная, противовирусная, противоопухолевая, антифунгицидная, противоязвенная и др.) этих гетероциклических соединений. Одним из методов введения заместителей в структуру бензимидазола является его алкилирование различными алкилгалогенидами. Известно, что пропаргильная группировка за счёт наличия тройной связи и способности к ацетилен-алленовой перегруппировке является высоко реакционноспособной, что открывает новые пути для синтеза более сложных соединений. Одним из методов для *N*-алкилирования бензимидазола пропаргилбромидом, является алкилирование с использованием ранее полученных оловоорганических производных бензимидазола [1]. В литературных источниках описаны два варианта данного способа.



По первому из них промежуточный продукт **1** выделяют из реакционной среды, а затем обрабатывают пропаргилбромидом, а по второму алкилирование проводят без выделения образующегося оловоорганического производного **1**.



Данные реакции проводятся на протяжении 8 часов с выходами целевого продукта **2** до 65%. В качестве растворителя используется петролейный эфир [2]. Алкилирование 2-гидроксибензимидазола пропаргилбромидом в условиях межфазного катализа в присутствии щелочей приводит к смеси [1,4]оксазино[4,3-а]бензимидазола и продукта диалкилирования данного бензимидазола. Тогда как алкилирование в ДМФА в присутствии иодида калия дает продукт *N*-замещения с выходом 85% [3].

Целью нашей работы является алкилирование ряда 2-гидроксиалкилбензимидазолов пропаргилбромидом в присутствии безводного карбоната калия в среде диметилсульфоксида и прогнозирование потенциальной биологической активности полученных соединений программой PASSOnline.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы: пропаргилбромид 80,0% раствор в ксилоле (Sigma-Aldrich), диметилсульфоксид, карбонат калия, гидроксид калия, изопропиловый спирт.

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 (А). Вещества обнаруживали визуалью по люминесценции в УФ (254 нм). Колоночную хроматографию проводили на силикагеле 60 (63–200 мкм, Merck).

Спектры ИК получен 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 1-пропаргил-2-(гидроксиалкил)бензимидазолов

К 0,01 моль соответствующего бензимидазола в 20 мл диметилсульфоксида прибавляют 0,01 моль (1,19 г) пропаргилбромид в присутствии 0,02 моль (2,76 г) карбоната калия, растертого в порошок. Реакцию проводят при перемешивании в течение суток при комнатной температуре. Ход реакции контролируется методом ТСХ. По истечении этого времени к раствору добавляют 25 мл дистиллированной воды для осаждения продукта. Полученный осадок отфильтровывают, промывают дважды по 25 мл дистиллированной воды и сушат.

**Синтез 1-пропаргил-2-гидроксиметилбензимидазола 4 двумя подходами.**

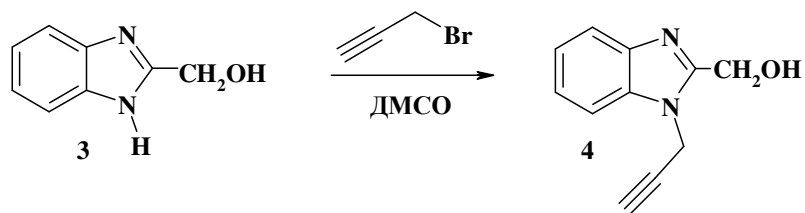


Рис. 1. Схема синтеза бензимидазола 4 в среде диметилсульфоксида.

К 0,01 моль (1,48 г) 2-гидроксиметил-1*H*-бензимидазола 3 в 20 мл диметилсульфоксида добавляли соответствующее общей методике количество пропаргилбромид. Синтез и выделение конечного продукта проводили также по общей методике. Выход 4: 65%, т. пл. = 156–159 °С.

<sup>1</sup>H-ЯМР (DMSO-*d*<sub>6</sub>): 3,38 м.д. (1H, с, –CH<sub>2</sub>–C≡CH); 4,74 м.д. (2H, т, –CH<sub>2</sub>–OH); 5,19 м.д. (2H, д, –CH<sub>2</sub>–C≡CH); 5,70 м.д. (1H, т, OH); 7,17–7,61 м.д. (4H, м, Ar).

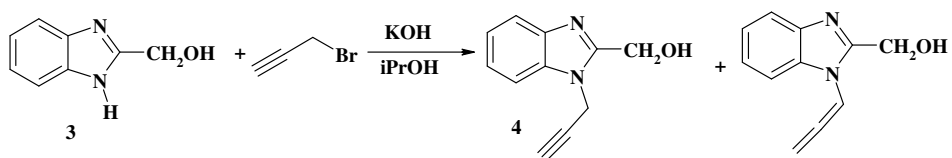


Рис. 2. Схема синтеза бензимидазола 4 в присутствии щелочи в среде изопропилового спирта.

К 0,74 г (0,005 моль) 2-(1-гидроксиметил)-1*H*-бензимидазола в 10 мл изопропилового спирта прибавляют 0,5 г (0,0089 моль) гидроксида калия, нагревают смесь до растворения щелочи, охлаждают до комнатной температуры и добавляют 0,6 г (0,005 моль) пропаргилбромид. Реакцию проводят в пробирке объемом 20 мл на протяжении 2 часов при комнатной температуре, а затем на протяжении 4 часов на глицириновой бане при температуре 80 °С. Ход реакции контролируют методом тонкослойной хроматографии. По истечении этого времени полученный раствор переносят количественно в круглодонную колбу и упаривают изопропиловый спирт на роторном испарителе. Согласно результатам ТСХ получают смесь двух продуктов реакции и непрореагировавших исходных веществ.

**Синтез 1-пропаргил-2-(1-гидроксиэтил)бензимидазола 6.**

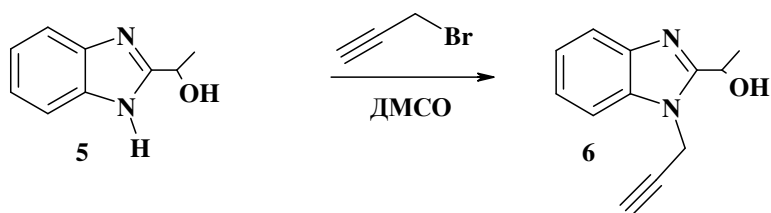


Рис. 3. Схема синтеза бензимидазола 6.

К 0,01 моль (1,62 г) 2-(1-гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазола **5** в 20 мл диметилсульфоксида добавляли соответствующее общей методике количество пропаргилбромида. Синтез и выделение конечного продукта проводили по общей методике. Выход **6**: 72%, т. пл. = 168–172 °С.

**Синтез 1-пропаргил-2-(3-гидроксипропил)бензимидазола **8**.**

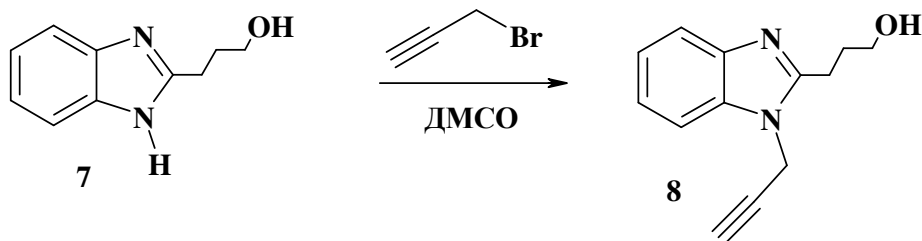


Рис. 4. Схема синтеза бензимидазола **8**.

К 0,01 (1,76 г) моль 2-(3-гидроксипропил)-1*H*-бензимидазола **7** в 20 мл диметилсульфоксида добавляли соответствующее общей методике количество пропаргилбромида. Синтез и выделение конечного продукта проводили по общей методике. Выход **8**: 61%, т. пл. = 148–153 °С.

<sup>1</sup>H-ЯМР (DMSO-d<sub>6</sub>): 1,95 м.д. (2H, к, –CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–OH); 2,99 м.д. (2H, т, –CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–OH); 3,43 м.д. (1H, с, –CH<sub>2</sub>–C≡CH); 3,52 м.д. (2H, т, –CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>–OH); 5,25 м.д. (2H, д, –CH<sub>2</sub>–C≡CH); 6,01 м.д. (1H, с, OH); 7,16–7,56 м.д. (4H, м, Ar).

**Синтез 1-пропаргил-2-(4-гидоксибутил)бензимидазола **10**.**

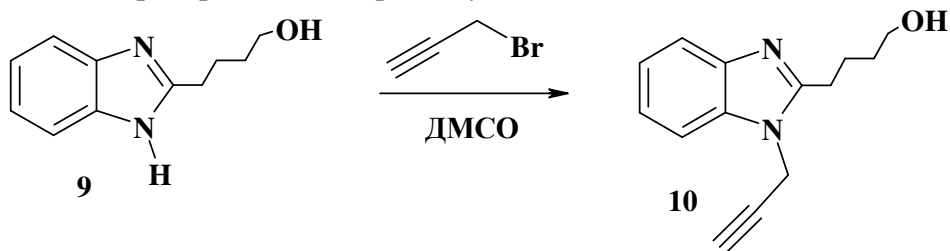


Рис. 5. Схема синтеза бензимидазола **10**.

К 0,01 моль (1,90 г) 2-(4-гидоксибутил)-1*H*-бензимидазола **9** в 20 мл диметилсульфоксида добавляли соответствующее общей методике количество пропаргилбромида. Синтез и выделение конечного продукта проводили по общей методике. Выход **10**: 62%, т. пл. = 70–72 °С.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Алкилирование 2-гидроксиметил-1*H*-бензимидазола, 2-(1-гидроксиэтил)-1*H*-бензимидазола, 2-(3-гидроксипропил)-1*H*-бензимидазола, 2-(4-гидоксибутил)-1*H*-бензимидазола пропаргилбромидом проводили при комнатной температуре в ДМСО в присутствии безводного карбоната калия с выходами целевых продуктов

соответственно 65%, 72%, 61%, 62%. Строение двух из полученных соединений было подтверждено методом ЯМР-спектроскопии. Так, в спектре 1-пропаргил-2-гидроксиметилбензимидазола, идентифицированы протоны пропаргильного фрагмента, а именно синглет метинового протона с химическим сдвигом 3,38 м.д. и дублет метильной группы с химическим сдвигом 5,19 м.д. В спектре также обнаружены сигналы фрагмента 2-гидроксиметилбензимидазола, а именно триплет метильной группы с химическим сдвигом 4,74 м.д. и триплет протона гидроксильной группы с химическим сдвигом 5,70 м.д. гидроксиметильной группы. Сигналы четырех ароматических протонов бензимидазольного фрагмента имеют химический сдвиг в области 7,17–7,61 м.д. В спектре 1-пропаргил-2-(3-гидроксипропил)бензимидазола, идентифицированы протоны пропаргильного фрагмента, а именно синглет метинового протона с химическим сдвигом 3,43 м.д. и дублет метильной группы с химическим сдвигом 5,25 м.д. В данном спектре также обнаружены сигналы фрагмента 2-(3-гидроксипропил)бензимидазола, триплеты метильных групп с химическим сдвигом 1,95 м.д., 2,99 м.д. и 3,52 м.д. соответственно, и синглет протона гидроксильной группы с химическим сдвигом 6,01 м.д. 3-гидроксипропильной группы. Сигналы четырех ароматических протонов бензимидазольного фрагмента имеют химический сдвиг в области 7,16–7,56 м.д.

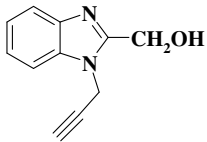
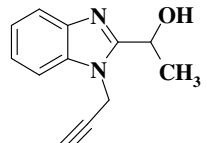
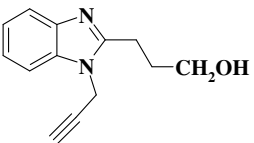
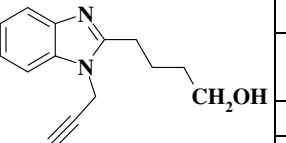
Для сравнения выходов продукта реакции синтез пропаргилпроизводного на основе 2-гидроксиметил-1*H*-бензимидазола проводили также в присутствии щелочи в среде изопропилового спирта. В этом случае при проведении реакции алкилирования в спиртовой щелочи пропаргилбромидом, в продуктах алкилирования параллельно шла реакция ацетилен-алленовой перегруппировки, которая, согласно литературным источникам, протекает в щелочной среде [4], что приводило к получению смеси продуктов. Более эффективным оказалось использование в качестве растворителя ДМСО. Одним из преимуществ данного метода является то, что продукт алкилирования выделяется из реакционной массы при двукратном разбавлении реакционной массы водой практически в чистом виде. В то время как метод алкилирования в спиртовой щелочи требует применения хроматографии для очистки.

С помощью программы PASSOnline [5] была рассчитана потенциальная биологическая активность включая антисекреторную, антиэкземную, психотропную и антивирусную для ряда синтезированных производных **4**, **6**, **8**, **10**. Полученные данные представлены в таблице 1.

Анализ полученных данных прогнозируемой биологической активности синтезированных производных 2-гидроксиалкилбензимидазола, содержащих пропаргильный радикал, показывает наличие потенциальной антисекреторной активности с вероятностью 0,474–0,681 и антиэкземной активности с вероятностью 0,504–0,540, а также снижение психотропной и антивирусной активности по сравнению с незамещенными 2-гидроксиалкилбензимидазолами [6].

Таблица 1

Оценка биологической активности, рассчитанная в программе PASSOnline

Вещество	Pa	Pi	Активность
	0,681	0,011	Antisecretoric
	0,540	0,115	Antieczematic
	0,533	0,102	Nicotinic alpha6beta3beta4alpha5 receptor antagonist
	0,472	0,087	Nicotinic alpha2beta2 receptor antagonist
	0,468	0,192	Phobic disorders treatment
	0,517	0,008	Interferon alpha agonist
	0,440	0,081	Antiviral (Picornavirus)
	0,370	0,049	Antiviral (Herpes)
	0,474	0,035	Antisecretoric
	0,506	0,134	Antieczematic
	0,505	0,118	Nicotinic alpha6beta3beta4alpha5 receptor antagonist
	0,439	0,101	Nicotinic alpha2beta2 receptor antagonist
	0,415	0,226	Phobic disorders treatment
	0,504	0,009	Interferon alpha agonist
	0,432	0,086	Antiviral (Picornavirus)
	0,504	0,029	Antisecretoric
	0,537	0,117	Antieczematic
	0,381	0,208	Nicotinic alpha6beta3beta4alpha5 receptor antagonist
	0,303	0,191	Nicotinic alpha2beta2 receptor antagonist
	0,463	0,195	Phobic disorders treatment
	0,477	0,012	Interferon alpha agonist
	0,270	0,114	Antiviral (Herpes)
	0,587	0,019	Antisecretoric
	0,504	0,135	Antieczematic
	0,347	0,241	Nicotinic alpha6beta3beta4alpha5 receptor antagonist
	0,464	0,014	Interferon alpha agonist
	0,289	0,099	Antiviral (Herpes)
	0,308	0,213	Antiviral (Picornavirus)
	0,306	0,241	Antiviral (Rhinovirus)

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что предложенный способ алкилирования 2-гидроксиалкилбензимидазолов пропаргилбромидом при комнатной температуре в ДМСО в присутствии безводного карбоната калия обеспечивает получение

соответствующих 1-пропаргилпроизводных с выходами 61–72% при выделении их из реакционной массы практически в чистом виде.

#### Список литературы

1. Пожарский, А. Ф. Синтез *N*-алкилбензимидазолов / А. Ф. Пожарский, А. М. Симонов // Журн. орг. хим. – 1963. – Т.33. – С. 179–181.
2. Soundararajan, R. Regioselective *N*-alkylation of benzimidazole via an organotin route / R. Soundararajan, T. R. Balasubramanian // Tetrahedron Lett. – 1984. – Vol.25, № 48. – P. 5555–5558.
3. Essassi, E. M. Le 2-hydroxymethylbenzimidazole précurseur de synthèse de nouveaux systèmes hétérocycliques / E. M. Essassi, J. Fifani, I. Hamamsi // Bull. Soc. Chim. Belg. – 1994. – Vol.103, № 2. – P. 83–84.
4. Fujiwara, N. Alkylation of unactivated and/or functionalized alkynes with allilindiums / N. Fujiwara, Y. Yamamoto // J.Org.Chem. – 1997. – № 62. – P. 2318–2319.
5. Pharma expert predictive services «PASS online» [Electronic resource]: FSBI «Research Institute of biomedical chemistry named after V.N. Orekhovich» The Russian Academy of medical Sciences. – Mode of access: URL: <http://pharmaexpert.ru/PASSOnline> (дата обращения: 14.07.2023).
6. Синтез и расчетная биологическая активность производных 2- $\alpha$ -гидроксиалкилбензимидазола / Баевский М. Ю., Поддубов А. И., Раваева М. Ю. [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7 (73). – № 3. – С. 289–296.

### SYNTHESIS AND FORECASTING BIOLOGICAL ACTIVITY OF A SERIES 1-PROPARGYL-2-HYDROXYALKYLBENZIMIDAZOLE

*Tsikalo V. V., Tsikalova V. N., Bayevsky M. Yu., Barbolin A. P.*

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia Federation  
E-mail: ts\_v\_v@mail.ru*

Alkylation of 2-hydroxymethyl-1*H*-benzimidazole, 2-(1-hydroxyethyl)-1*H*-benzimidazole, 2-(3-hydroxypropyl)-1*H*-benzimidazole, 2-(4-hydroxybutyl)-1*H*-benzimidazole with propargyl bromide was carried out at room temperature in DMSO in the presence of anhydrous potassium carbonate. The yields of target products were 65%, 72%, 61%, 62%, respectively. The structure of the obtained compounds was confirmed by NMR spectroscopy. Thus, in the spectrum of 1-propargyl-2-hydroxymethylbenzimidazole, protons of the propargyl fragment were identified, namely, a singlet of the methine proton with a chemical shift of 3.38 ppm. and a methyl group doublet with a chemical shift of 5.19 ppm. The spectrum also contained signals of a fragment of 2-hydroxymethylbenzimidazole, namely, a triplet of the methyl group with a chemical shift of 4.74 ppm. and a proton triplet of the hydroxyl group with a chemical shift of 5.70 ppm. hydroxymethyl group. The signals of four aromatic protons of the benzimidazole fragment have a chemical shift in the region of 7.17–7.61 ppm.

In order to compare the yields of the reaction product, the synthesis of the propargyl derivative based on 2-hydroxymethyl-1*H*-benzimidazole was also carried out in the presence of potassium hydroxide in isopropyl alcohol. In this case, during the alkylation



reaction in an alcoholic alkali with propargyl bromide, the acetylene-allene rearrangement reaction proceeded in parallel in the alkylation products. In the latter case, several difficult-to-separate reaction products appeared in the reaction mixture. Based on the experiment done, it turned out to be more effective to use dimethyl sulfoxide as a solvent. One of the advantages of this method is that the alkylation product is isolated from the reaction mass by doubling the reaction mass with water almost in pure form. While the method of alkylation in alcohol alkali requires the use of column chromatography for purification. One of the advantages of using dimethyl sulfoxide is that the alkylation product is isolated from the reaction mass by doubling the reaction mass with water almost in pure form. While the method of alkylation in alcohol alkali requires the use of column chromatography for purification.

Using the PASSOnline program the potential biological activity was calculated, including antisecretory, antieczema, psychotropic, and antiviral, for all of synthesized derivatives. Analysis of the obtained calculations on the predicted biological activity of the synthesized derivatives of 2-hydroxyalkylbenzimidazole compounds containing a propargyl radical in the first position shows the presence of potential antisecretory activity with a probability of 0.474–0.681 and antieczema activity with a probability of 0.504–0.540, as well as a decrease in psychotropic and antiviral activity compared to unsubstituted 2-hydroxyalkylbenzimidazoles.

**Keywords:** benzimidazole, alkylation, propargyl substituent, PASSOnline.

#### References

1. Pozharsky A.F., Simonov A.M. Synthesis of N-alkylbenzimidazoles, *Journal of Organic Chemistry*, **33**, 179 (1963). (*in Russ.*)
2. Soundararajan R., Balasubramanian T.R. Regioselective N-alkylation of benzimidazole via an organotin route, *Tetrahedron Lett*, **25(48)**, 5555 (1984).
3. Essassi E. M., Fifani J., Hamamsi I. Le 2-hydroxymethylbenzimidazole precursor de synthese de nouveaux systemes heterocycliques, *Bull. Soc. Chim. Belg*, **103(2)**, 83 (1994).
4. Fujiwara N., Yamamoto Y. Allilation of unactivated and/or functionalized alkynes with allilindiums, *J.Org.Chem*, **62**, 2318 (1997).
5. Pharma expert predictive services «PASS online» [Electronic resource]: FSBI «Research Institute of biomedical chemistry named after V.N. Orekhovich» The Russian Academy of medical Sciences. – Mode of access: URL: <http://pharmaexpert.ru/PASSOnline>.
6. Baevsky M.Yu., Poddubov A.I., Ravaeva M.Yu., Tsikalov V.V., Tsikalova V.N., Solovyov V. N. Synthesis and calculated biological activity of 2- $\alpha$ -hydroxyalkylbenzimidazole derivatives, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Biology. Chemistry*, **7(73(3))**, 289 (2021). (*in Russ.*)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Александрова  
София Евгеньевна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, студент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: sofialex8@yandex.ru
- Алексеева  
Алена Ильинична** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологий, магистр 2 курса очной формы обучения
- Аржаков  
Виктор Викторович** Военный институт физической культуры, кандидат педагогических наук, доцент, профессор кафедры медико-биологических дисциплин
- Баевский  
Михаил Юрьевич** ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат химических наук, специалист по научно-аналитической работе кафедры общей химии
- Барболин  
Александр Павлович** ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, студент
- Богаева  
Елена Андреевна** Академия биологии и биотехнологии Южного федерального университета, заведующий кабинетом кафедры зоологии, e-mail: radiacia13@gmail.com
- Бушов  
Юрий Валентинович** Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Национального Исследовательского Томского государственного университета, профессор, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных, e-mail: bushov@bio.tsu.ru
- Викельски Мартин** Директор института, доктор, e-mail: wikelski@ab.mpg.de
- Глушаков  
Руслан Иванович** НИЦ Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова, начальник НИО медико-биологических исследований, доктор медицинских наук
- Григорьев  
Ян Павлович** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», студент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: GrigorevYan2002@yandex.ru
- Громов  
Святослав  
Ростиславович** Фармацевтическое научно-производственное предприятие АО «Ретиноиды», специалист обеспечения качества

- Громова Ирина Петровна** Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела гигиенического нормирования и мониторинга химических веществ в почве, e-mail: gromovaip@mail.ru
- Гурнаков Никита Васильевич** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», студент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: gora.nik2016@yandex.ru
- Гусев Алексей Николаевич** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, заведующий кафедрой общей химии кафедры общей и химии, доктор химических наук, доцент
- Егорова Наталья Юрьевна** Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологии и ресурсосведения растений; ФГБОУ ВПО Вятский государственный агротехнологический университет, доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: n\_chirkova@mail.ru
- Елфимова Надежда Сергеевна** Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), заведующий сектором зообентоса, e-mail: elfimova\_n\_s@azniirkh.ru
- Ергольская Наталья Владимировна** Институт естествознания Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского» кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии и экологии, e-mail: ergnat@gmail.com
- Захаров Максим Борисович** ФГБОУ ВО Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского, аспирант; ГАПОУ КО Калужский колледж Экономики и технологий, преподаватель, e-mail: kатran085@yandex.ru
- Зимбитцкая Галина Евгеньевна** ФГБОУ ВО "Новосибирский государственный педагогический университет", студент (профиль биология)
- Ибрагимова Эвелина Энверовна** ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова», кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности

<b>Иконникова Елена Анатольевна</b>	Государственное автономное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования Калужской области «Калужский государственный институт развития образования» (ГАОУ ДПО «КГИРО»), методист; Институт естествознания Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского» (КГУ им. К.Э. Циолковского), аспирант кафедры биологии и экологии, e-mail: elena_ikonhome@mail.ru
<b>Ильяшенко Валентин Юрьевич</b>	Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией, e-mail: valpero53@gmail.com
<b>Ильяшенко Елена Ивановна</b>	Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: ilyashenkoei@gmail.com
<b>Кайда Анна Ивановна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», научный сотрудник кафедры общей психологии и психофизиологии, e-mail: kaydaanna@gmail.com
<b>Кискин Михаил Александрович</b>	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории химии полиядерных координационных соединений, доктор химических наук
<b>Клинков Валерий Николаевич</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», доцент кафедры психиатрии наркологии, психотерапии с курсом общей и медицинской психологии, e-mail: klinkov.val@yandex.ru
<b>Козлова Анна Павловна</b>	ФГБОУ ВО "Новосибирский государственный педагогический университет", кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности
<b>Кондракова Кристина Дмитриевна</b>	Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, аспирант, e-mail: kondrakova92@gmail.com
<b>Конник Олег Владимирович</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, профессор кафедры общей химии, доктор химических наук, доцент
<b>Коренькова Олеся Олеговна</b>	ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет", кандидат биологических наук, доцент кафедры инженерной графики и компьютерного моделирования

<b>Кузнецов Вадим Дмитриевич</b>	Воздушно-десантные войска, помощник командира полка по физической подготовке – начальник физической подготовки части
<b>Кухталёв Владимир Владимирович</b>	НИО медико-психологического сопровождения НИЦ Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова, адъютант
<b>Луканина Светлана Николаевна</b>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет», доктор биологических наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: lukanina@ngs.ru
<b>Мальчевский Владимир Алексеевич</b>	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, доктор медицинских наук, профессор РАН, главный научный сотрудник, e-mail: malchevski@mail.ru
<b>Мармулева Елена Юрьевна</b>	ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
<b>Миронова Наталья Всеволодовна</b>	Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: dr.nataliya.mironova@yandex.ru
<b>Михайлова Анна Андреевна</b>	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: anna.kulenkova@gmail.com
<b>Мошкина Марина Вячеславовна</b>	Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Национального Исследовательского Томского государственного университета, аспирант кафедры физиологии человека и животных, e-mail: moshkinamv989@gmail.com
<b>Мулик Александр Борисович</b>	НИО медико-психологического сопровождения НИЦ Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова, старший научный сотрудник, доктор биологических наук, профессор
<b>Мустафаев Эмиль Решатович</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», студент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: emil11.mustafaev@yandex.ru

<b>Нагель Ольга Васильевна</b>	Томский государственный университет, доцент, доктор филологических наук, декан факультета иностранных языков, ведущий научный сотрудник лаборатории лингвистической антропологии Национального Исследовательского, e-mail: olga.nagel2012@yandex.ru
<b>Назаров Никита Олегович</b>	ГУЗ Клиническая больница № 5, заведующий лабораторией, кандидат медицинских наук
<b>Орехова Лиля Сергеевна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Научно-клинический центр «Технологии здоровья и реабилитации», ведущий специалист, e-mail: lili_psy@mail.ru
<b>Павленко Владимир Борисович</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой общей психологии и психофизиологии, e-mail: vprav55@gmail.com
<b>Павленко Дмитрий Владимирович</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: pavlenkoprog@gmail.com
<b>Панкеева Татьяна Викторовна</b>	Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, старший научный сотрудник, кандидат географических наук, e-mail: tatyapankeeva@yandex.ru
<b>Петров Сергей Анатольевич</b>	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: tumiki@yandex.ru
<b>Португальская Арина Андреевна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, аспирант кафедры общей психологии и психофизиологии, e-mail: a.portugalskaya@gmail.com
<b>Просенко Ольга Ивановна</b>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет», кандидат химических наук, доцент кафедры химии, e-mail: chemistry@ngs.ru
<b>Просяникова Ирина Борисовна</b>	ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий

- Романова  
Анна Николаевна** ФГБОУ ВО Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой медико-биологических дисциплин, e-mail: romanovaannic@gmail.com
- Романчук  
Роман Викторович** Академия биологии и биотехнологии Южного федерального университета, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры зоологии, e-mail: romanchuk@sfedu.ru
- Сахаров  
Андрей Валентинович** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет» доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и экологии, e-mail: asakharov142@yandex.ru
- Светлик  
Михаил Васильевич** Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Национального Исследовательского Томского государственного университета, доцент, кандидат биологических наук, заведующий кафедрой физиологии человека и животных, e-mail: mihasv@mail.tsu.ru
- Селюк  
Марина Павловна** ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет, доцент, кандидат биологических наук
- Скрябина  
Анастасия  
Александровна** Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Национального Исследовательского Томского государственного университета, аспирант, учебный мастер кафедры физиологии человека и животных, e-mail: skryabina.anastasiya1994@yandex.ru
- Смык  
Дарья Александровна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, студентка 2 курса магистратуры
- Субботин  
Андрей Михайлович** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, e-mail: subbotin.prion@yandex.ru
- Суботялов  
Михаил Альбертович** ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет» (НГПУ), доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности

- Сулейманова  
Венера Нуритдиновна** Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологии и ресурсосведения растений; ФГБОУ ВПО Вятский государственный агротехнологический университет, доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: veneга\_su@mail.ru
- Суховой  
Юрий Геннадиевич** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: i\_yuga62@mail.ru
- Тонковцева  
Валентина Валериевна** ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр», кандидат психологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фитореабилитации человека
- Турило  
Анна Николаевна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кафедра ботаники и физиологии растений и биотехнологий, магистр 2 курса очной формы обучения
- Улесикова  
Ирина Владимировна** НИЦ Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, научный сотрудник отдела обитаемости, кандидат биологических наук
- Цао Лей** Исследовательский центр по экологии и окружающей среде Китайской Академии наук, Университет Китайской академии наук, профессор по экологии водоплавающих птиц, e-mail: caolei@ustc.edu.cn
- Цикалов  
Виктор Валентинович** 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
- Черный  
Виктор Станиславович** Военный институт физической культуры, доктор медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой медико-биологических дисциплин



- 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
- Шатыр  
Юлия Александровна** НИО медико-биологических исследований НИЦ Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова, старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, доцент
- Шепитько  
Лариса Семеновна** Крымский республиканский центр коррекционной педагогики «Добромир», директор; Крымская республиканская клиническая больница №1 имени Н. И. Балабана, логопед высшей категории, e-mail: 5dobromir@mail.ru
- Шульгин  
Виктор Федорович** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, профессор кафедры общей химии, доктор химических наук, профессор

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Громов С. Р., Громова И. П.</b> ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДА КРЕЗОКСИМ-МЕТИЛА .....	3
<b>Громова И. П.</b> ФУНГИЦИДЫ И АКТИВНОСТЬ ГИДРОЛИТИЧЕСКОГО ЭНЗИМА ГРУППЫ АМИДАЗ В ПОЧВЕ.....	14
<b>Захаров М. Б., Романова А. Н.</b> АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИЦ МУЖСКОГО ПОЛА 15-22 ЛЕТ Г. КАЛУГА.....	23
<b>Зимбитцкая Г. Е., Козлова А. П., Суботялов М. А.</b> БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ <i>ASPARAGUS RACEMOSUS</i> .....	31
<b>Зимбитцкая Г. Е., Суботялов М. А.</b> БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ <i>FOENICULUM VULGARE</i> .....	45
<b>Ибрагимова Э. Э., Тонковцева В. В.</b> ВЛИЯНИЕ ЭФИРНОГО МАСЛА ГВОЗДИЧНОГО ДЕРЕВА НА НЕРВНУЮ РЕГУЛЯЦИЮ ФУНКЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ .....	59
<b>Иконникова Е. А., Романова А. Н., Ергольская Н. В.</b> ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО И ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ 10-11 ЛЕТ С МИНИМАЛЬНОЙ МОЗГОВОЙ ДИСФУНКЦИЕЙ (СИНДРОМОМ ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ И ГИПЕРАКТИВНОСТЬЮ).....	71
<b>Ильяшенко Е. И., Кондракова К. Д., Викельски М., Цао Лей, Ильяшенко В. Ю.</b> КЛЮЧЕВЫЕ ТЕРРИТОРИИ КРАСАВКИ ( <i>ANTHROPOIDES VIRGO</i> ) АЗОВО- ЧЕРНОМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ.....	80
<b>Коренькова О. О.</b> ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА РАЗВИТИЕ ОСОБЕЙ ПОДРОСТА ДРЕВОВИДНЫХ МОЖЖЕВЕЛЬНИКОВ КРЫМА .....	96
<b>Кузнецов В. Д., Аржаков В. В., Черный В. С.</b> КОНТРОЛЬ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА ВОЕННОСЛУЖАЩИХ- РУКОПАШНИКОВ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПО ДАННЫМ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА.....	110
<b>Луканина С. Н., Сахаров А. В., Просенко О. И.</b> NOS-ЗАВИСИМЫЙ МЕХАНИЗМ ПОВРЕЖДЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕФРОНОВ У КРЫС ПРИ ГЛЮКОКОРТИКОИД-ИНДУЦИРОВАННОМ ОКИСЛИТЕЛЬНОМ СТРЕССЕ.....	123
<b>Мармулева Е. Ю., Селюк М. П.</b> СТРУКТУРА ТРЕХ ЯРУСОВ ЭНТОМОЦЕНОЗА ОВСА ПОСЕВНОГО В СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ .....	137

<b>Миронова Н. В., Панкеева Т. В.</b> ЗАПАСЫ МАКРОФИТОВ В АКВАТОРИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «ПРИБРЕЖНЫЙ АКВАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС У МЫСА САРЫЧ» .....	151
<b>Павленко Д. В., Чуян Е. Н., Александрова С. Е., Григорьев Я. П., Гурнаков Н. В., Мустафаев Э. Р., Павленко В. Б.</b> ДИНАМИКА РИТМОВ ЭЭГ ПРИ ВОСПРИЯТИИ УЛЫБАЮЩИХСЯ ЛИЦ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ У ЛЮДЕЙ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ РАСШИРЕННОГО АУТИСТИЧЕСКОГО ФЕНОТИПА .....	165
<b>Петров С. А., Мальчевский В. А., Субботин А. М., Суховой Ю. Г.</b> ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ АРКТИЧЕСКИХ ПАЛЕОБАКТЕРИЙ: МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, ЭКОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИЯ. ОБЗОР .....	176
<b>Португальская А. А., Шепитько Л. С., Клинков В.Н., Кайда А. И., Орехова Л. С., Михайлова А. А., Павленко В. Б.</b> ОСОБЕННОСТИ СВЯЗАННЫХ С СОБЫТИЯМИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПЕРТУРБАЦИЙ ЭЭГ У ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВОМ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ДВИЖЕНИЯМИ И ИХ ИМИТАЦИИ .....	204
<b>Просьянникова И. Б., Алексеева А. И.</b> КСИЛОТРОФНАЯ МИКОБИОТА ЛАНДШАФТНО-РЕКРЕАЦИОННОГО ПАРКА РЕГИОНАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ «НАУЧНЫЙ», РЕСПУБЛИКА КРЫМ .....	215
<b>Просьянникова И. Б., Турило А. Н.</b> ВЛИЯНИЕ ГОЛОВНЕВОГО ГРИБА <i>ANTHRACOIDEA CARYOPHYLLEAE</i> KUKKONEN НА СОСТОЯНИЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ <i>CAREX CARYOPHYLLEA</i> LATOURL. (Cyperaceae) В ГОРНОМ КРЫМУ .....	234
<b>Романчук Р. В., Богаева Е. А., Елфимова Н. С.</b> КАТАЛОГ КОЛЛЕКЦИИ ЖИВОТНЫХ КАФЕДРЫ ЗООЛОГИИ АКАДЕМИИ БИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ ИМ. Д. И. ИВАНОВСКОГО ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА. СООБЩЕНИЕ 6. ОТРЯД ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ – LEPIDOPTERA, СЕМЕЙСТВО БЕЛЯНКИ – PIERIDAE .....	245
<b>Скрябина А. А., Мошкина М. В., Светлик М. В., Нагель О. В., Бушов Ю. В.</b> ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МОЗГА У МОНОЛИНГВОВ И БИЛИНГВОВ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ И ПРОИЗНЕСЕНИИ СЛОВ НА РОДНОМ И НЕРОДНОМ ЯЗЫКАХ .....	263
<b>Сулейманова В. Н., Егорова Н. Ю.</b> СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ФЛОРЫ ООПТ «НИЗЕВСКИЙ ТАЁЖНО-БОЛОТНЫЙ КОМПЛЕКС» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	280
<b>ShatyrYu. A., Nazarov N. O., Glushakov R. I., Ulesikova I. V., Kukhtalev V. V., Mulik A. B.</b> SEARCH FOR GENETIC AND PHENOTYPICAL BASES OF HUMAN PREDISPOSITION TO RISK BEHAVIOR .....	291

## **ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Конник О. В., Кискин М. А., Смык Д. А., Шульгин В. Ф., Гусев А. Н.*

КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ СОЛИ ЕВРОПИЯ(III)  
С 2,4-ДИХЛОРФЕНОКСИУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ..... 300

*Цикалов В. В., Цикалова В. Н., Баевский М. Ю., Барболин А. П.*

СИНТЕЗ И прогнозируемая БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РЯДА  
1-ПРОПАРГИЛ-2-ГИДРОКСИАЛКИЛБЕНЗИМИДАЗОЛОВ ..... 306

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ** ..... 314

**СОДЕРЖАНИЕ** ..... 322