

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

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

Научный журнал

Том 10 (76), № 1

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

**Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, 2024**

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 № 2 от 15 марта 2024 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. Буков Юрий Александрович, д. б. н., проф.
2. Бушов Юрий Валентинович, д. б. н., проф.
3. Гончаров Николай Васильевич, д. б. н., г. н. с.
4. Диатроптов Михаил Евгеньевич, д. б. н., с. н. с.
5. Ивашов Анатолий Васильевич, д. б. н., проф.
6. Котов Сергей Федорович, к. б. н., доц.
7. Митрофанова Ирина Вячеславовна, д. б. н., доц.
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. Погодина Светлана Владимировна, д. б. н., доц.
13. Солдатов Алесандр Александрович, д. б. н., проф.

Раздел «Химия»:

14. Гришковец Владимир Иванович, д. х. н., проф. (редактор раздела «Химия»)
15. Гусев Алексей Николаевич, д. х. н., доц.
16. Еременко Игорь Леонидович, академик РАН
17. Земляков Александр Евгеньевич, д. х. н., проф.
18. Кискин Михаил Александрович, д. х. н., в. н. с.
19. Кукушкин Вадим Юрьевич, член-корр. РАН
20. Шульгин Виктор Федорович, д. х. н., проф.
21. Яковишин Леонид Александрович, д. х. н.

Адрес редакции: 295007, г. Симферополь, пр-т Академика Вернадского, 4, корп. Б, ауд. 328
Подписано в печать 19.03.2024. Формат 70x100 1/16. Заказ № НП/126. Тираж 50. Цена «Бесплатно».

Дата выхода в свет «__» _____ 2024 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 10 (76). 2024. № 1. С. 3–15.

УДК 581.93

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-3-15

ЧУЖЕРОДНЫЙ КОМПОНЕНТ ФЛОРЫ ГОРОДА КЕМЕРОВО

Андреев Б. Г.

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кемерово, Россия

E-mail: b.g.andreev@mail.ru

Флора сосудистых растений города Кемерово в административных границах изучалась методом модельных выделов (72 площадки, 6,25 Га каждая) в 14 функциональных зонах на протяжении полевых сезонов 2021–2023 гг. Чужеродная фракция составляет 26,84 % от видового разнообразия (222 вида) населённого пункта. По отношению к абиотическим факторам чужеродная фракция флоры города характеризуется как гигромезофитно-мезогигрофитная, мезотрофная, гелиофитная. Ареал 171 вида из 222 определён как космополитный. Половина чужеродных видов являются наземными монокарпическими травами, по сравнению с ненарушенными участками отмечено увеличение числа видов древесных растений. По степени натурализации преобладают эпёкофиты, по времени заноса – неофиты, по источнику заносов – ксеноэргазифитофиты. Среди функциональных зон города более 30 % чужеродных видов отмечено в жилой, свалочной, приусадебной и придорожной зонах.

Ключевые слова: чужеродные виды, флора города, сосудистые растения, метод модельных выделов.

ВВЕДЕНИЕ

Миграции видов растений – естественный процесс в формировании флор, до индустриализации преимущественно протекавший под воздействием абиотических факторов. Человек в ходе деятельности осознанно или нет ускоряет миграцию видов, увеличивая площади с преобладанием аллохтонных тенденций. Флора города сформировалась под воздействием исторических и экологических факторов (наибольший вклад на видовое разнообразие оказывает антропогенный), для городов характерны обилие видов, высокая доля одновидовых и однородовых семейств и одновидовых родов [1, 2]. Для понимания особенностей флорогенеза сложной и неоднородной городской территории необходимо провести анализ чужеродной фракции, так как некоторые из адвентов становятся эдификаторами растительных сообществ искусственных ландшафтов. При анализе чужеродных видов важно выявить время, источник и способ заноса на исследуемую территорию, а также места и продолжительность натурализации видов.

Цель исследования анализ особенностей чужеродной фракции флоры города Кемерово.

Задачи:

- 1) Выявить функциональные зоны города с наибольшей долей чужеродных видов;
- 2) Выявить особенности способа заноса, натурализации и времени появления видов на территории города Кемерово;
- 3) Выявить особенности таксономической, биоморфологической, экологической, хорологической структуры чужеродной фракции флоры города Кемерово.

Согласно схеме ботанико-географического районирования [3] территория г. Кемерово относится к Инско-Томскому лесостепному району; или к флористическому району – Кузнецкой котловине [4]. Характерной особенностью района исследования является высокая плотность населения и самая большая степень антропогенной трансформации. Сохранившиеся участки естественной растительности в пределах города представлены берёзовыми, березово-осиновыми лесами, сосновыми борами (только в правобережной части по склонам коренного берега р. Томь), различными варианты луговых сообществ и степными сообществами – от настоящих луговых до каменистых (также склоны правого коренного берега Томи). Левобережье представлено преимущественно лесовидными карбонатными суглинистыми и легкоглинистыми аллохтонными отложениями лесостепи Кузнецкой котловины, правобережье – суглинистыми и глинистыми бескарбонатными делювиальными, реже пролювиально-делювиальными наносами пояса нижней тайги, на которых располагаются оподзоленные и выщелоченные чернозёмы, серые лесные и лугово-чернозёмные почвы. Среднегодовая сумма осадков составляет 400–500 мм в год, район исследования характеризуется как умеренно увлажнённый и умеренно тёплый [5].

Первые сведения о чужеродных видах города Кемерово стали появляться в студенческих работах К. С. Лазарева, отметившего 88 видов (18,3 % от флоры города) в 1997 году, и Е. А. Фоминой, отметившей 142 вида (21,9 % от флоры города) в 2005. К сожалению, данные выпускных квалификационных работ не были опубликованы, но в гербарии Кемеровского государственного университета (КЕМ) осталась значительная часть их сборов. В 2018 для флоры города Кемерово было отмечено около 200 чужеродных видов [6].

Несмотря на достаточно высокую степень изученности естественных территорий до середины прошлого столетия [3] по результатам анализа истории исследования Кемеровской области И. М. Красноборовым [7] выявлена несистематичность сборов, отсутствие систематизации и публикаций материалов во второй половине XX века, что затрудняет более подробное разделение чужеродных видов по времени и источнику их заноса, а также оценку скорости натурализации до начала XXI века.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ проведён на основе данных автора, собранных на территории города Кемерово в административных границах в апреле–октябре 2021–2023 гг. Для дополнения списков привлечены материалы гербарных коллекций Кемеровского

государственного университета (КЕМ), НИ ТГУ им. П. Н. Крылова (ТК) и Кузбасского ботанического сада (КУЗ) [8] и материалы гражданской науки с сайта INaturalist [9].

Сбор материалов проводился методом модельных выделов [2]. В зависимости от степени нарушенности почвенного покрова и особенностей хозяйственной деятельности человека было выделено 14 функциональных зон: многоэтажная жилая (МН), одноэтажная жилая (ОДН), приусадебная (СНТ), декоративная (ДЕК), кладбищенская (КЛ), железнодорожная (ЖД), свалочная (СВ), придорожная – трассы и трамвайные пути (ТР), промышленная (ПРОМ), лесная (ЛЕС), суходольных лугов (СЛ), рек и озёр (ВОДН), заливных лугов (ЗЛ), каменистых обнажений и степей (СТ) (приведённые сокращения используются далее по тексту в рис. 1 и табл. 1). Для каждой из вышеперечисленных зон было заложено от 4 до 9 площадок 250x250 м, в зависимости от представленности зоны на территории города, на которых выявлялся полный видовой состав высших сосудистых растений (рис. 1).

Для выделения групп заносных видов по времени, способу заноса и характеру натурализации привлекались материалы Чёрных книг [1, 10–16]. Жизненные формы определялись в соответствии с классификацией И. Г. Серебрякова [17], приуроченность к экологическим группам – в соответствии со шкалами Л. Г. Раменского с соавторами [18], Д. Н. Цыганова [19], Н. Г. Ильминских [20], А. Ю. Королюка [21], типы ареалов взяты по классификации А. Л. Тахтаджяна [22], границы ареалов были получены при помощи платформы GBIF [23].

Обработка полученных данных производилась при помощи пакетов прикладных программ Microsoft Office и IBIS.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Флора города Кемерово представлена 827 видами из 407 родов и 101 семейства. На территории города отмечено 222 чужеродных вида (26,84 %), среди которых выделено 156 адвентов и 64 культивара.

В субурбанизированных участках города самое большое число адвентов отмечено на территории суходольных и заливных лугов, 93 (20,13 %) и 60 (16,48 %) видов соответственно, из-за влияния дорожной сети и использования части лугов в качестве пастбищ в прошлом. В собственно урбанизированных участках города наибольшей долей чужеродных видов характеризуются селитебная зона (многоэтажная, одноэтажная и приусадебные зоны) из-за интродукционной деятельности и придорожная (91 вид, 37,3 %), как основной путь заносов по области. Роль железнодорожных путей ниже (40 видов, 23,39 %), так как по ним преимущественно происходит транспортировка угля (табл. 1).

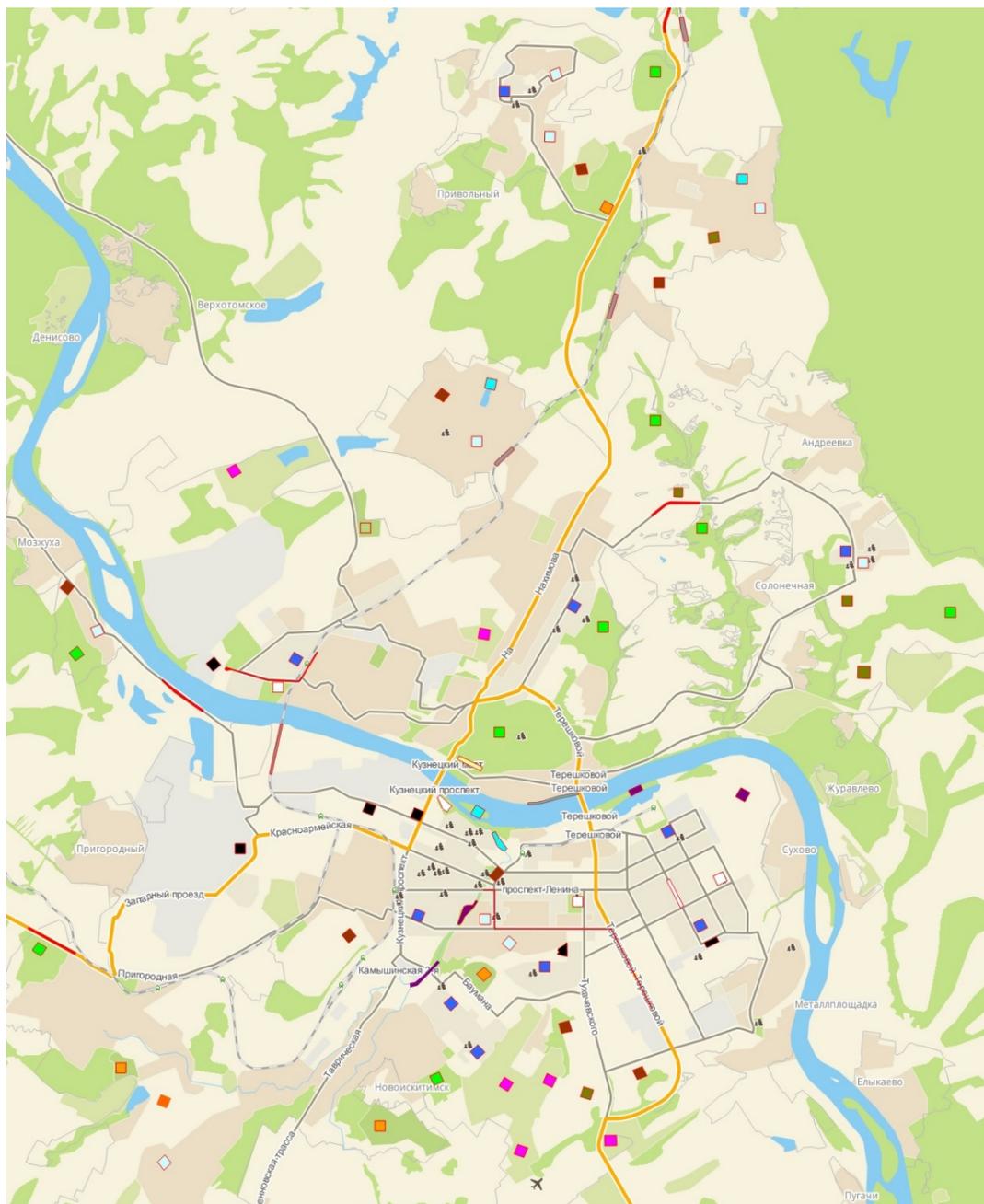


Рис. 1. Расположение модельных выделов на территории г. Кемерово.

Примечание: модельные выделы функциональных зон отмечены следующим цветом: МН – синим, ОДН – голубым, СНТ – розовым, ДЕК – белым, КЛ – оранжевым, ЖД – серым, СВ – коричневым, ТР – красным, ПРОМ – чёрным, ЛЕС – зелёным, СЛ – тёмно-зелёным, ВОДН – бирюзовым, ЗЛ – фиолетовым, СТ – жёлтым.

Таблица 1.
Распределение чужеродных видов по функциональным зонам г. Кемерово

Функциональная зона	Число чужеродных видов	Число видов-аборигенов	Всего видов	Доля чужеродных видов, %
МН	120	206	326	36,81
ОДН	116	210	326	35,58
СНТ	92	144	236	38,98
ДЕК	74	170	244	30,33
КЛ	71	181	252	28,17
ЖД	40	131	171	23,39
СВ	72	153	225	32,00
ТР	91	153	244	37,30
ПРОМ	41	113	154	26,62
ЛЕС	60	372	432	13,89
СЛ	93	369	462	20,13
ВОДН	2	89	91	2,20
ЗЛ	60	304	364	16,48
СКАЛ	12	169	181	6,63
Город	222	605	827	26,84

Из 101 семейства высших сосудистых растений 56 имеют на территории города представителей чужеродной фракции. *Amaranthaceae*, *Cucurbitaceae*, *Ulmaceae*, *Aceraceae*, *Oleaceae*, *Elaeagnaceae*, *Cuscutaceae*, *Hyacinthaceae*, *Juglandaceae*, *Fagaceae*, *Portulacaceae*, *Berberidaceae*, *Vitaceae*, *Cornaceae* и *Hydrophyllaceae* представлены только заносными растениями. Чужеродные виды в значительной степени представлены в 10 ведущих семействах флоры города Кемерово. *Brassicaceae* состоит из заносных (20) на 45,45 %, встречаясь в селитебной зоне, вдоль дорог, на свалках и суходольных лугах. Наибольшей встречаемостью и проективным покрытием отличаются *Armoracia rusticana* G. Gaertn., *B. Mey. et Scherb.*, *Bunias orientalis* L., *Lepidium densiflorum* Schrad. и *Sisymbrium officinale* (L.) Scop. Представители семейства *Rosaceae* (18 чужеродных видов, 30,51 %) используются в качестве пищевых и декоративных растений и широко представлены в одноэтажной жилой, декоративной и свалочной зонах города (видами с высоким показателем обилия и встречаемости являются *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch, *Cerasus vulgaris* Mill. и *Rosa canina* L.). *Asteraceae* в составе имеет 33 чужеродных вида (29,46 %), некоторые из которых активно внедряются в естественные сообщества по всей Сибири [1], например, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist., *Helianthus tuberosus* L., *Rudbeckia laciniata* L. и *Solidago canadensis* L. Для

семейства Poaceae отмечено 13 чужеродных видов (20 %), часть из них имеет важное хозяйственное значение для региона: *Triticum aestivum* L. и *Zea mays* L., а часть активно расширяет свой ареал вдоль дорожных сетей, например, как *Hordeum jubatum* L. Для Apiaceae и Fabaceae доля чужеродных составляет 27 %. В семействе Polygonaceae доля заносных составляет 15,38 %, наиболее опасным представляется *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtkova. Доля чужеродных в семействах Ranunculaceae и Caryophyllaceae не превышает 10 %.

В биоморфологической структуре флоры города Кемерово преобладают монокарпические травы, так как в неблагоприятных условиях некоторые виды со сложным онтогенезом склонны сокращать индивидуальное развитие для более интенсивного семенного размножения и дальнейшего распространения, что способствует их более активному расселению. Данное явление было отмечено на территории придорожной, железнодорожной и свалочной зон [24]. Чужеродные травянистые растения преимущественно способны расселяться как в полуестественных, так и естественных местообитаниях, древесные, кроме *Acer negundo* L., преимущественно надолго задерживаются в местах культивирования (рис. 2).

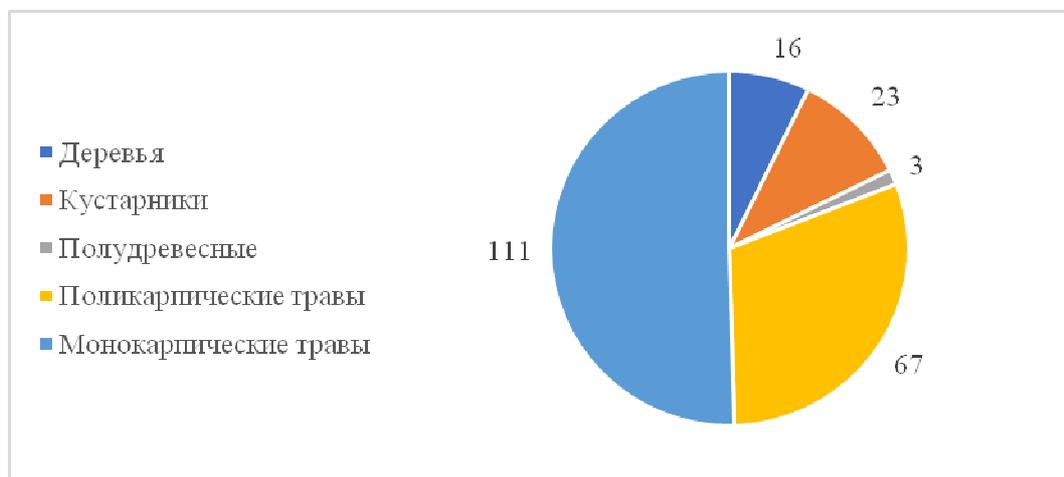


Рис. 2. Спектр жизненных форм чужеродной фракции флоры г. Кемерово.

Экологическая структура чужеродной фракции преимущественно соответствует структуре флоры города в целом. Флора города Кемерово характеризуется как мезогигрофитно-гигромезофитная, мезотрофная, гелиофитно-гелиосциофитная. В чужеродной фракции по отношению к фактору увлажнения отмечается смещение спектра в ксерическую сторону (рис. 3). Для чужеродных видов флоры города Кемерово по сравнению с аборигенными характерно предпочтение более богатых азотом почв (рис. 4). По отношению к фактору освещённости-затенения во флорах городов отмечается соотношение гелиофитов к гелиосциофитам 1:1, в то время как для чужеродной фракции отмечено преобладание светолюбивых над теневыносливыми растениями (1,725:1).

ЧУЖЕРОДНЫЙ КОМПОНЕНТ ФЛОРЫ ГОРОДА КЕМЕРОВО

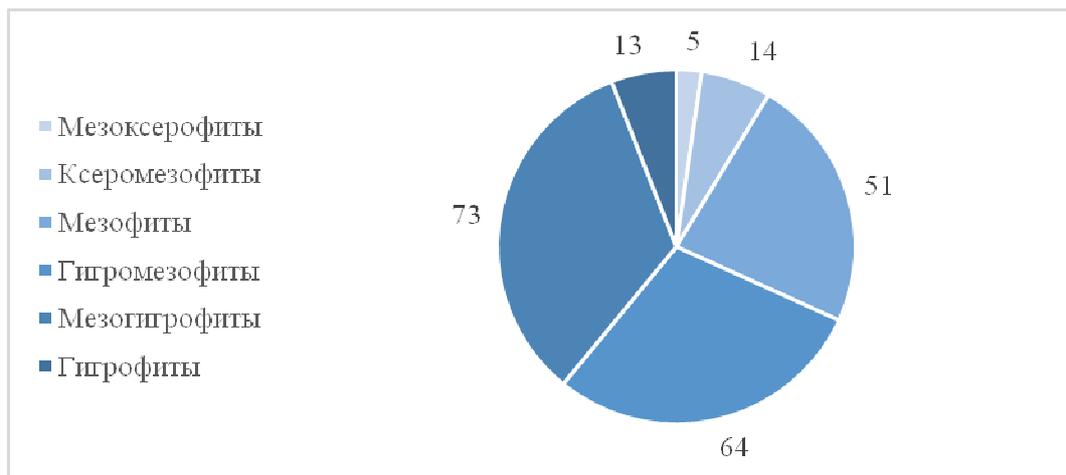


Рис. 3. Экологический спектр чужеродной фракции флоры г. Кемерово, фактор увлажнения.

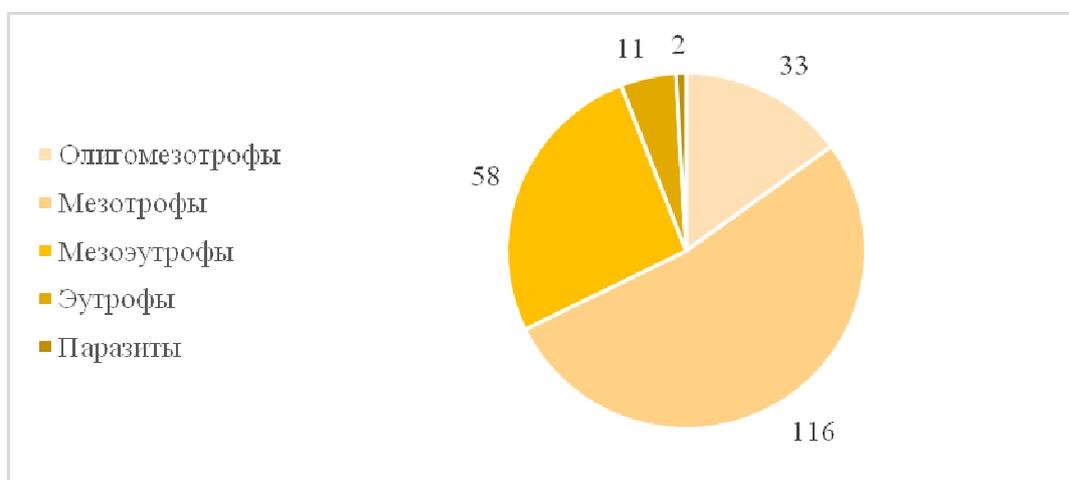


Рис. 4. Экологический спектр чужеродной фракции флоры г. Кемерово, фактор богатства-засоления почв.

При рассмотрении первичных ареалов видов чужеродной фракции была отмечена принадлежность к 25 флористическим царствам и областям. До активного распространения растений человеком доминирующими источниками видов для флоры города Кемерово являлись Голарктическая область (51 вид), Циркумбореально-Ирано-Туранская (41), Циркумбореальная (41 вид). По имеющейся на конец 2023 года информации о распространении высших сосудистых растений, среди современных ареалов адвентов города Кемерово преобладают космополиты (171 вид), второй по представленности группой стали голаркты (33), группы, характеризующиеся Бореальным, Циркумбореально-Восточноазиатским, Циркумбореально-Сахаро-Аравийским типом ареала, представлены 3 видами.

Циркумбореально-Атлантическо-Северо-Американскому, Циркумбореально-Ирано-Туранскому и Циркумбореальному ареалам принадлежат по 2 вида из чужеродной фракции флоры города Кемерово. 1 вид характеризуется как Циркумбореально-Средиземноморский. Сокращение числа ареалов, как источников видов для территории города Кемерово, произошло как по причине расширения ареалов у культиваров и становление некоторых из них в качестве адвентов, так и по причине обобщения обширного массива научных данных, например, на платформе GBIF, где можно пронаблюдать по годам, как накапливались первичные данные о распространении.

Среди чужеродных видов флоры города Кемерово по времени заноса преобладают неофиты (215 видов). Археофиты – растения появившиеся на исследуемой территории до конца XVI века – начала покорения Сибири, в процессе которого чужеродные виды стали расселяться по пути продвижения экспедиции с запада на восток. Археофиты города Кемерово: *Atriplex patula* L., *Bunias orientalis* L., *Cannabis sativa* L., *Neslia paniculata* (L.) Desv., *Panicum ruderales* (Kitag.) Chang, *Pastinaca sativa* subsp. *sylvestris* (Mill.) Rouy et Camus.

По источникам заноса в адвентивной фракции флоры города Кемерово выделено 5 групп: 1) ксенофиты – чужеродные виды, непреднамеренно занесённые в ходе хозяйственной деятельности на новую территорию из первоначального ареала, для города был отмечен 1 вид – *Atriplex sagittata* Borkh.; 2) ксеноэргазиофитофиты – растения, культивируемые в других регионах, случайно или намеренно занесённые в изучаемый район в ходе хозяйственной деятельности в виде отдельных особей, плодов или семян, всего для города Кемерово выявлено 106 видов, данная группа является преобладающей; 3) эргазиофитофиты – культивируемые в данном районе виды, сбигающие из культуры и самостоятельно расселяющиеся, на территории города отмечено 52 вида; 4) эргазиофиты – культивары, всего 32 вида; 5) эргазиолипофиты – культивируемые на данной территории виды, способные сохраняться в местах культивирования без участия человека в виде реликтовых особей, клонов или популяций, но не занимающие новые местообитания, 31 вид из данной группы отмечен в городе Кемерово.

По степени натурализации чужеродные виды разделены на 4 группы: агриофиты – виды, занимающие естественные местообитания (26 видов), эпёкофиты – виды, натурализовавшиеся на нарушенных местообитаниях (118 видов), колонофиты – виды способные к длительному удержанию в местах заноса (49 видов), эфемерофиты – виды, временно присутствующие в искусственных и полустественных местообитаниях не более двух лет, не дающие диаспор (29 видов).

Многофакторный анализ чужеродной фракции флоры города Кемерово выявил преобладание колонофитов и эфемерофитов среди эргазиофитов и эргазиолипофитов. Среди ксеноэргазиофитофитов и эргазиофитофитов – преобладание эпёкофитов (табл. 2). Исходя из определений может показаться избыточным установление связи между группами по источнику заноса и степени натурализации, как пример колонофиты–эргазиолипофиты. Но для формализации процесса присвоения видам статуса опасности, как чужеродного, необходимо

ЧУЖЕРОДНЫЙ КОМПОНЕНТ ФЛОРЫ ГОРОДА КЕМЕРОВО

собрать наиболее полную информацию о виде в ряде категорий и установить наиболее значимые из них, чтобы в наиболее удобной и краткой форме можно было привести обоснование для статуса вида, что зачастую затруднительно из-за субъективного фактора.

Таблица 2.

Распределение чужеродных видов флоры города Кемерово по источникам заноса и степени натурализации

Степень натурализации	Источники заноса				
	КС	КСЭРФИ	ЭРФИ	ЭР	ЭРЛИ
АГР	0	15	11	0	0
ЭП	1	86	30	1	0
КОЛ	0	2	9	18	20
ЭФ	0	3	2	13	11

Примечание: АГР – агрофиты, ЭП – эпёкофиты, КОЛ – колонофиты, ЭФ – эфемерофиты, КС – ксенофиты, КСЭРФИ – ксеноэргазиофитофиты, ЭРФИ – эргазиофитофиты, ЭР – эргазиофиты, ЭРЛИ – эргазиолипофиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во флоре города Кемерово 26,84 % (222) видов являются адвентивными, отмечено увеличение вклада в видовое разнообразие по сравнению с 1997 (18,3 %) и 2005 (21,9 %) годами. Доля семейств с чужеродными видами составляет 55,45 % (56 семейств), адвенты присутствуют во всех 10 ведущих семействах флоры. Наибольшее число чужеродных видов отмечено в многоэтажной жилой, одноэтажной жилой, приусадебной, декоративной, кладбищенской, свалочной и придорожной функциональных зонах города, так как на их территории происходит регулярная целенаправленная человеческая деятельность, в процессе которой осознанно или неосознанно привносятся новые виды высших сосудистых растений. Вышеперечисленные группы местообитаний могут быть как источниками заносных видов, так и миграционными коридорами. По сравнению со флорой города в целом, где преобладают поликарпические наземные травы, в чужеродной фракции преобладают монокарпические травы, что является приспособлением к экстремальным условиям городской среды. Также в чужеродной фракции выше доля древесных растений, внедрение деревьев и кустарников начиналось в качестве пищевых или декоративных, за чем последовала натурализация в разной степени в искусственных, полустественных и естественных растительных сообществах. По отношению к абиотическим факторам чужеродная фракция флоры города является гигромезофитно-мезогигрофитной, мезотрофной, гелиофитной. За счёт чужеродной фракции флора Кемерово приобретает ксерические черты и достигает соотношения светолюбивых и теневыносливых растений 1:1. В чужеродной фракции флоры города Кемерово преобладают заносы, произошедшие после XVI века, большая часть заносных видов появилась непреднамеренно в результате человеческой

деятельности, основной источник заносов – прилегающие к Кемеровской области регионы. По степени натурализации преобладают эпёкофиты, занимающие нарушенные и слабонарушенные экотопы.

Список литературы

1. Эбель А. Л. Черная Книга флоры Сибири / А. Л. Эбель, А. Н. Куприянов, Т. О. Стрельникова, Е. С. Анкипович, Е. М. Антипова, С. В. Антипова, Т. Е. Буко, А. В. Верхозина, В. М. Доронькин, А. Н. Ефремов, Е. Ю. Зыкова, А. О. Кирина, Л. Н. Ковригина, Т. Г. Ламанова, С. И. Михайлова, А. Е. Ножинков, Н. В. Пликина, М. М. Силантьева, Н. В. Степанов, И. В. Тарасова, Т. А. Терёхина, А. В. Филиппова, И. А. Хрусталёва, Д. Н. Шауло, С. А. Шереметова. – Новосибирск: Академическое издательство "Гео", 2016. – 440 с.
2. Ильминских Н. Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды / Н. Г. Ильминских. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2014. – 470 с.
3. Куминова А. В. Растительность Кемеровской области / А. В. Куминова. – Новосибирск: «Академия наук СССР», 1950. – 166 с.
4. Шереметова С. А. Флора Кемеровской области / С. А. Шереметова, И. А. Хрусталёва, А. Н. Куприянов, А. Л. Эбель, О. Ю. Писаренко, А. Е. Ножинков, Т. О. Стрельникова, Р. Т. Шереметов, Н. В. Щёголева, Б. Г. Андреев, В. М. Доронькин, А. В. Климов, Б. В. Прошкин, О. А. Куприянов, Н. В. Шеремет. – Новосибирск: СО РАН, 2023. – 520 с.
5. Трофимов С. С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области / С. С. Трофимов. – Новосибирск: Наука, 1975. – 300 с.
6. Шереметова С. А. «black-list» Кемеровской области / С. А. Шереметова, И. А. Хрусталева, Т. О. Стрельникова, А. Л. Эбель // Фитоинвазии: остановить нельзя сдаваться – Издательство Московского университета: Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова Издательский Дом (типография), 2022. – С. 252–258.
7. Красноборов И. М. Исследователи флоры Кемеровской области / Красноборов И. М. // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. – 2006. – № 12. – С. 134–147.
8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021621654 Российская Федерация. Гербарий Кузбасского ботанического сада (KUZ). Кемеровская область : № 2021621531 : заявл. 27.07.2021 : опубл. 03.08.2021 / Б. Г. Андреев, А. Н. Куприянов, И. А. Хрусталева, С. А. Шереметова, Р. Т. Шереметов; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук».
9. INaturalist. Экспорт наблюдений. [Электронный ресурс]: https://www.inaturalist.org/observations/export?flow_task_id=268971 (дата обращения 22.10.2022)
10. Виноградова Ю. К. Черная книга флоры Средней России / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, Л. В. Хорун. – М.: ГЕОС, 2009. – 494 с.
11. Виноградова Ю. К. Черная книга флоры Тверской области / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, А. А. Нотов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 292 с.
12. Баранова О. Г. Черная книга флоры Удмуртской республики / О. Г. Баранова, Е. Н. Брагина, Е. А. Колдомова, Е. М. Маркова, А. Н. Пузырев. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2016. – 68 с.
13. Дубовик Д. В. Черная книга флоры Беларуси / Д. В. Дубовик, С. А. Дмитриева, Н. А. Ламан, В. Н. Лебедев, А. В. Левкович, О. М. Масловский, В. И. Парфенов, В. Н. Прохоров, А. В. Пугачевский, С. С. Савчук, А. Н. Скуратович, И. П. Сысой, Л. С. Чумаков, И. М. Яковлева, И. М. Гаранович, М. А. Джус, А. Л. Романюк. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 407 с.
14. Абрамова Л. М. Черная книга флоры Республики Башкортостан / Л. М. Абрамова, Я. М. Голованов, А. А. Мулдашев. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. – 174 с.
15. Виноградова Ю. К. Черная книга флоры Дальнего Востока / Ю. К. Виноградова, Л. А. Антонова, Г. Ф. Дарман, Е. А. Девятова, О. В. Котенко, Е. П. Кудрявцева, Е. В. Лесик (Аистова), Е. А. Марчук, Е. Г. Николин, С. В. Прокопенко, Т. А. Рубцова, М. Г. Хорева, О. А. Черягина, Е. А. Чубарь, В. В. Шейко, П. В. Крестов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2021. – 510 с.

16. Шхагапсоев С. Х. Черная книга флоры Кабардино-Балканской Республики / С. Х. Шхагапсоев, В. А. Чадаева, К. А. Шхагапсоева. – Нальчик: Изд-во М. и К. Котляровых, 2021. – 200 с.
17. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. – М.: Высш. школа, 1962. – 378 с.
18. Раменский Л. Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л. Г. Раменский, И. А. Цаценкин, О. Н. Чижиков, Н. А. Антипин. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 472 с.
19. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 197 с.
20. Ильминских Н. Г. Экофлора Урала и Западной Сибири / Н. Г. Ильминских. – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. – 480 с.
21. Королюк А. Ю. Экологические оптимумы растений юга Сибири / Королюк А. Ю. // Ботанические исследования Сибири и Казахстана, 2006. – № 12. – С. 3–28.
22. Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли / А. Л. Тахтаджян. – Л.: Наука, 1978. – 248 с.
23. GBIF | Global Biodiversity Information Facility [Электронный ресурс]: <https://www.gbif.org/> (дата обращения: 15.10.2023)
24. Андреев Б. Г. Биоморфологическая структура флоры города Кемерово / Б. Г. Андреев, К. А. Калабина // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2023. – № 22-2. – С. 17–20.

NON-NATIVE FRACTION OF THE KEMEROVO FLORA

Andreyev B. G.

*Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS, Kemerovo, Russia
E-mail: b.g.andreev@mail.ru*

The non-native species in the flora are result of direct or indirect human activity. It is important to record the appearance of species as well as speciation and hybridization. The rate of appearance and vanishing of species is significantly accelerated in cities. Understanding the features of changing taxonomy structure in city allows to make the assumption of further changes of the aboriginal flora fraction.

The purpose of the study is to analyze the features of non-native species of Kemerovo city's flora. The research is conducted by the method of model areas during April–October 2021–2023. The territory of the city is divided into 14 functional zones, which are identified on the basis of purposeful human activity and soil transformation. There are multi-storey residential, single-storey residential, private plots, decorative, cemetery, railway, dump, roadside, industrial, forest, steppes, meadows, rivers and lakes. The model area is a square 250x250 meters, where all species of higher vascular plants are identified.

According to the scheme of botanical and geographical zoning, the territory of Kemerovo belongs to the Insko-Tomsk forest-steppe region; or to the floral region – the Kuznetsk Basin. An important feature of the Kuznetsk Basin is the high population density and the highest degree of anthropogenic transformation. The preserved areas of natural vegetation within the city are represented by forests which consist of *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L. and *Pinus sylvestris* L., various variants of meadow communities and steppe communities – from real meadow to petrophytic. The left bank is mainly represented by forested carbonate loamy and light clay allochthonous deposits of the forest–steppe of the Kuznetsk basin, the right bank is represented by loamy and clay

carbonate-free deluvial, less often proluvial-deluvial deposits of the lower taiga belt, on which there are podzolic and leached chernozems, gray forest and meadow-chernozem soils. The average annual precipitation is 400–500 mm per year, the study area is characterized as moderately humid and moderately warm.

The flora of Kemerovo is represented by 827 species, 407 genera and 101 families, 222 species (26,84 %) are non-native. 56 families have non-native species in their composition. There are 15 non-native families in the Kemerovo city's flora. Non-native species are part of all 10 leading families of flora. Brassicaceae consists of non-native species by 45,45 %, Rosaceae – 30,51 %.

The functional areas with the highest fraction of non-native species are multi-storey residential (36,81 %), single-storey residential (35,58 %), private plots (38,98 %), dumps (32,00 %) and roadside (37,30 %). The first three fulfilled by the cultivated plants. The last one is the main way of migration.

The main feature of biomorfological structure is dominance of annual herbs (50 %). It is connected with the phenomenon of neoteny. Some perennial herbs change their live form to annual to guarantee the population survival. The set of arboreal plants is 17,57 %. It is higher than in flora in general. The reason of this phenomena is cultivation.

The main group of areas of the Kemerovo flora species is cosmopolitan (77,03 %). This is an indicator of the globalization processes in the flora of the city.

The flora of non-native plants of Kemerovo city is hygromesophytic-mesohygrophytic (80,18 %), mesotrophic (52,25 %), geliophytic (62,16 %). The non-native plants in comparison with the flora in sum are more xerophytic, eutrophic and geliophytic.

According to the degree of naturalization epycophytes (53,15 %) prevail. According to the time of invasion neophytes (96,85 %) prevail. According to the source of invasion xenoergasiophygophytes (47,75 %) prevail.

Keywords: non-native species, flora of the city, vascular plants, method of model areas.

References

1. Ebel A. L., Kupriyanov A. N., Strelnikova T. O., Ankipovich E. S., Antipova E. M., Antipova S. V., Buko T. E., Verkhozina A. V., Doronkin V. M., Efremov A. N., Zykova E. Yu., Kirina A. O., Kovrigina L. N., Lamanova T. G., Mikhailova S. I., Nozhnikov A. E., Plikina N. V., Silanteva M. M., Stepanov N. V., Tarasova I. V., Terekhina T. A., Filippova A. V., Khrustaleva I. A., Shaulo D. N., Sheremetova S. A. *Chernaya Kniga flory Sibiri*, 440 p. (Novosibirsk, Akademicheskoe izdatelstvo "Geo", 2016).
2. Ilminskikh N. G. *Florogenez v usloviyakh urbanizirovannoi sredi*, 470 p. (Ekaterinburg, Izd-vo UrO RAN, 2014).
3. Kuminova A. V. *Rastitelnost Kemerovskoi oblasti*, 166 p. (Novosibirsk, Akademiia nauk SSSR, 1950).
4. Sheremetova S. A., Khrustaleva I. A., Kupriyanov A. N., Ebel A. L., Pisarenko O. Yu., Nozhnikov A. E., Strelnikova T. O., Sheremetov R. T., Schegoleva N. V., Andreyev B. G., Doronkin V. M., Klimov A. V., Proshkin B. V., Kupriyanov O. A., Sheremet N. V. *Flora Kemerovskoi oblasti*, 520 p. (Novosibirsk, SO RAN, 2023).
5. Trofimov S. S. *Ekologiya pochv i pochvennye resursy Kemerovskoi oblasti*, 300 p. (Novosibirsk, Nauka, 1975).
6. Sheremetova S. A., Khrustaleva I. A., Strelnikova T. O., Ebel A. L. Black-list of the Kemerovo region *Fitoinvazii: ostanovit nelzya sdavatsia*, 252 (2022).

7. Krasnoborov I. M. The flora's investigators of Kemerovo region *Botanicheskie issledovaniia Sibiri i Kazakhstana*, **12**, 134 (2006).
8. Andreyev B. G., Kupriyanov A. N., Khrustaleva I. A., Sheremetova S. A., Sheremetov R. T. Svidetelstvo o gosudarstvennoi registratsii bazy dannykh № 2021621654 Rossiiskaia Federatsiia. «Gerbarii Kuzbasskogo botanicheskogo sada (KUZ). Kemerovskaya oblast» : № 2021621531 : zayavl. 27.07.2021 : opubl. 03.08.2021; zaiavitel Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe nauchnoe uchrezhdenie «Federalnyi issledovatel'skii tsentr uglia i uglekhimii Sibirskogo otdeleniia Rossiiskoi akademii nauk».
9. INaturalist. Exporting observations [Electronic resource] – URL: https://www.inaturalist.org/observations/export?flow_task_id=268971 (accessed 22.10.2022)
10. Vinogradova Yu. K., Mayorov S. R., Khorun L. V. *Chernaia kniga flory Srednei Rossii*, 494 p. (M., GEOS, 2009).
11. Vinogradova Yu. K., Mayorov S. R., Notov A. A. *Chernaia kniga flory Tverskoi oblasti*, 292 p. (M., Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2011).
12. Baranova O. G., Bralgina E. N., Koldomova E. A., Markova E. M., Puzyrev A. N. *Chernaia kniga flory Udmurtskoi respubliki*, 68 p. (Moskva-Izhevsk, Institut kompyuternykh issledovaniy, 2016).
13. Dubovik D. V., Dmitrieva S. A., Laman N. A., Lebedko V. N., Levkovich A. V., Maslovskii O. M., Parfenov V. I., Prokhorov V. N., Pugachevskii A. V., Savchuk S. S., Skuratovich A. N., Siso I. P., Chumakov L. S., Yakovleva I. M., Garanovich I. M., Dzhus M. A., Romaniuk A. L. *Chernaia kniga flory Belarusi*, 407 p. (Minsk, Belaruskaiia navuka, 2020).
14. Abramova L. M., Golovanov Ya. M., Muldashev A. A. *Chernaia kniga flory Respubliki Bashkortostan*, 174 p. (M., Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2021).
15. Vinogradova Yu. K., Antonova L. A., Darman G. F., Deviatova E. A., Kotenko O. V., Kudryavtseva E. P., Lesik (Aistova) E. V., Marchuk E. A., Nikolin E. G., Prokopenko S. V., Rubtsova T. A., Khoreva M. G., Cherniagina O. A., Chubar E. A., Sheiko V. V., Krestov P. V. *Chernaia kniga flory Dalnego Vostoka*, 510 p. (M.: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2021).
16. Shkhagapsoev S. Kh., Chadaeva V. A., Shkhagapsoeva K. A. *Chernaia kniga flory Kabardino-Balkanskoi Respubliki*, 200 p. (Nalchik, Izd-vo M. i K. Kotlyarovykh, 2021).
17. Serebryakov I. G. *Ekologicheskaya morfologiya rastenii*, 378 p. (M., Vyssh. shkola, 1962).
18. Ramenskii L. G., Tsatsenkin I. A., Chizhikov O. N., Antipin N. A. *Ekologicheskaya otsenka kormovykh ugodii po rastitelnomu pokrovu*, 472 p. (M., Selkhozgiz, 1956).
19. Tsyganov D. N. *Fitoindikatsiia ekologicheskikh rezhimov v podzone khvoino-shirokolistvennykh lesov*, 197 p. (M., Nauka, 1983).
20. Ilminskikh N. G. *Ekoflora Urala i Zapadnoi Sibiri*, 480 p. (Izhevsk, Izdatelskii tsentr «Udmurtskii universitet», 2021).
21. Koroliuk A. Yu. Ecological optimum of south siberian plants *Botanicheskie issledovaniia Sibiri i Kazakhstana*, **12**, 3 (2006).
22. Takhtadzhan A. L. *Floristicheskie oblasti Zemli*, 248 p. (L., Nauka, 1978).
23. GBIF | Global Biodiversity Information Facility [Electronic resource] – URL: <https://www.gbif.org/> (accessed 15.10.2023)
24. Andreyev B. G., Kalabina K. A. Biomorphological structure of Kemerovo city's flora, *Problemy botaniki Yuzhnoi Sibiri i Mongolii*, **22-2**, 17 (2023).

УДК 591.5:612.821.4

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-16-34

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ РАССТРОЙСТВ У АЛКОГОЛИЗИРОВАННЫХ КРЫС ПРИ СТИМУЛЯЦИИ ДОФАМИНЕРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

Балакирева Г. А., Балакирева Е. А.

*ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», Донецк, ДНР, Россия
E-mail: g.a.balakireva@mail.ru*

В модельных экспериментах на самцах белых крыс исследована возможность коррекции поведенческих нарушений, возникающих на фоне двухнедельной алкоголизации, с помощью введения блокатора ауторецепторов дафамина (сульпирида) и предшественника синтеза дофамина (L-ДОФА). Установлено, что и сульпирид, и L-ДОФА корректируют анксиогенный эффект этанола у животных независимо от их исходного уровня тревожности. L-ДОФА позволяет нивелировать индуцированное двухнедельным введением этанола угнетение исследовательской и двигательной активности у самцов с исходно крайними уровнями тревожности, в то время как сульпирид – только у низкотревожных крыс. Введение предшественника синтеза дофамина оказывается более эффективным для коррекции индуцированного этанолом увеличения показателя депрессивности самцов белых крыс.

Ключевые слова: тревожность, депрессивность, двигательная активность, исследовательская активность, эмоциональность, этанол, дофамин, L-ДОФА, сульпирид.

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос об эффективности нивелирования расстройств аффективного спектра, возникающих на фоне длительного приема этанолсодержащих продуктов, стоит весьма остро, что обусловлено общими звеньями в механизмах развития как алкоголизма, так и патогенеза психоэмоциональных расстройств [1–5]. Общими звеньями в данном случае выступают ряд нейромедиаторных систем мозга, через которые реализует свои эффекты этанол. В частности – дофаминергическая система головного мозга, нейроны которой, являясь основной мишенью действия психоактивных веществ, изменяют под действием этилового спирта свою активность, где смена усиленной продукции ими дофамина приводит к компенсаторному снижению его содержания в синаптической щели [6–10].

Известно, что в основе патогенеза таких расстройств психоэмоционального спектра как тревожные, двигательные или депрессивные лежит нарушение моноаминовой медиации в головном мозге [11, 12]. Этанол способен модулировать активность катехоламинергических и ГАМК-ергических нейронов, посредством изменения состояния мембраны нейронов, а, следовательно, и их возбудимости, что неизбежно отразится на проявлениях высших функций мозга [13, 14].

В связи со сказанным выше, представляется возможным путем влияния на

разные звенья синаптической дофаминергической передачи скомпенсировать некоторые эффекты длительного воздействия этанола на психоэмоциональное состояние животного организма. Вместе с тем, данных, касающихся возможности индивидуального подхода в коррекции этанолиндуцированных расстройств высших функций мозга крайне мало в современной литературе. Решение этого вопроса позволило бы более эффективно оказывать терапевтическую помощь людям.

Таким образом, целью данного фрагмента комплексной работы явилась оценка возможности компенсации психоэмоциональных расстройств, возникающих после длительного приема этанола у самцов белых крыс, с помощью препаратов, стимулирующих передачу в дофаминергическом синапсе, с учетом индивидуальных особенностей животного организма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент выполнен на 80 половозрелых беспородных крысах-самцах массой 180–220г, содержащихся в стандартных клетках в условиях естественного светового режима при свободном доступе к питью и стандартном гранулированном корме. Все исследования были выполнены в соответствии с «Руководством по уходу и использованию лабораторных животных» (публикация Национального института здоровья № 85-23, США) и «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» [15]. Поведенческие эксперименты проводились в первой половине дня. Для оценки таких психоэмоциональных показателей как уровень тревожности, депрессивности и двигательной активности был использован комплекс методов, традиционно применяемый в нейропсихофармакологии.

Уровень тревожности крыс определяли в приподнятом крестообразном лабиринте (ПКЛ) [10] по общему времени пребывания животного на открытом пространстве лабиринта и частоте повторных выходов на него в течение 5 минут тестирования. ПКЛ представляет собой приподнятый над уровнем пола лабиринт, два из четырех рукавов которого по периметру имеют стенки (закрытые рукава), а остальные – нет (открытые рукава). Установка располагается на высоте 80 см над уровнем пола на центральной опоре-ножке и сконструирована из пластика, окрашенного в черный цвет. Линейные размеры рукавов: ширина – 10 см, длина – 45 см, высота стенок в закрытых рукавах – 10 см; в месте пересечения рукавов имеется центральная площадка 10×10 см. При тестировании крысы плавно опускались в центр лабиринта, где визуально регистрировалось их поведение. После каждого животного лабиринт протирался изнутри мокрыми и сухими салфетками, а также дезодорировался раствором этилового спирта.

В норковой камере за 5 минут тестирования оценивали двигательную активность по количеству пересеченных квадратов и исследовательскую активность по суммарному количеству вертикальных стоек и заглядываний в отверстия-норки [16], а так же частоту актов груминга. Норковая камера представляет собой открытый пластиковый ящик с линейными размерами 60×60×40 см, пол которого – квадрат из пластика, выкрашенный изнутри зелено-голубой краской и приподнятый над дном ящика на высоту 3 см. Пол разделен тонкими белыми линиями на 9

равных квадратиков (20×20 см); по периметру квадратиков просверлены отверстия-«норки» диаметром 3 см. При тестировании крыс плавно опускали в центр норковой камеры, где визуально в течение 5 минут регистрировалось их поведение. После каждого животного камера протиралась изнутри мокрыми и сухими салфетками, а также дезодорировалась раствором этилового спирта.

Уровень депрессивности животных устанавливали с помощью теста Порсолта [15]. При тестировании крыс опускали в стеклянный цилиндр емкостью 20 литров и высотой 30 см, наполненный водой ($t=27-28\text{ }^{\circ}\text{C}$). За 6 минут тестирования фиксировали количество и продолжительность периодов полной иммобильности (неподвижности) животного, частоту таких периодов, а также количество фекальных боллусов. Степень выраженности депрессивности определялась с помощью подсчета суммарного времени неподвижности животного, по количеству фекальных боллусов судили об их эмоциональности.

Сульпирид («Eglonyl», Sanofi Winthrop Industrie. France) вводили внутривентрикулярно в течение 14 дней в дозе 10 мг/кг [8], после чего животные снова проходили тестирование. Таким образом, каждое животное было протестировано трижды: в начальных условиях, после хронического введения этанола и после введения сульпирида. L-ДОФА («Madopar», Roche S.p.A., Italy) вводили в течение 14 дней в дозе 50 мг/кг внутривентрикулярно в течение 14 дней [9].

Поведенческое фенотипирование – процедура комплексной оценки поведенческих характеристик лабораторных животных – разработана в целях стандартизации сбора и интерпретации поведенческих данных для выявления индивидуально-типологических отличий начиная с элементарных моторно-двигательных реакций и заканчивая особенностями эмоционально-психической сферы [17]. Предварительное поведенческое фенотипирование представляет собой интерес с той точки зрения, что позволяет установить индивидуальные особенности реагирования лабораторных животных на те или иные воздействия.

Как установлено исследователями [18–20], в основе нейрофизиологических и нейрохимических механизмов, определяющих индивидуально-типологические различия поведения, лежат биохимические особенности организации различных отделов головного мозга. Данный факт позволяет осуществлять более эффективную коррекцию различного рода аффективных расстройств, возникающих на фоне воздействий разного генеза.

После исходного (контрольного) тестирования в батарее вышеуказанных тестов животные были разделены на три подгруппы согласно выраженности тревожности в приподнятом крестообразном лабиринте.

Разделение исследуемой группы животных на подгруппы с различным уровнем тревожности проводилось согласно сигмального отклонения ($\pm 0,67\delta$) [19].

Обработка данных осуществлялась с использованием пакета программ Statistica 6.0. Учитывая, что по результатам предварительной проверки гипотезы о нормальном распределении данных по тесту Колмогорова-Смирнова нормальность не подтвердилась, в дальнейшем в работе использовали непараметрические методы математической статистики (U-критерий Манна-Уитни для независимых переменных). Принятый уровень значимости составлял 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В таблице 1 приведены результаты исходного тестирования животных в условиях батареи тестов. Как следует из данных, представленных в таблице, низкотрещивные самцы отличаются самыми высокими значениями количества повторных выходов на открытое пространство лабиринта и показателями исследовательской и двигательной активности, частоты актов груминга в норковой камере. Вместе с тем, им свойственна низкая депрессивность и минимальная эмоциональность в тесте Порсолта.

Таблица 1
Показатели поведения у животных в исходных условиях и после длительной алкоголизации (X±m)

Поведенческие показатели	Этап эксперимента	Уровни тревожности		
		высокий (n=26)	средний (n=34)	низкий (n=20)
Результаты тестирования в приподнятом крестообразном лабиринте				
Открытые рукава, с	контроль	0,0 [#]	42,1±2,36	181,5±4,12 ^{#*}
	алкоголизация	12,9±3,30	14,1±3,11 [•]	0,0 [•]
Выходы в открытое пространство	контроль	0,0 [#]	1,6±0,14	2,3±0,15 ^{#*}
	алкоголизация	0,6±0,12	0,8±0,18 [•]	0,0 [•]
Результаты тестирования в открытом поле				
Исследовательская активность	контроль	11,1±0,94	11,8±0,89	15,0±1,05 ^{#*}
	алкоголизация	2,4±0,93 [•]	6,8±0,73 [•]	2,5±0,68 [•]
Двигательная активность	контроль	14,9±1,15	16,1±1,19	18,0±1,28 ^{#*}
	алкоголизация	5,4±0,85 [•]	16,0±1,17	7,5±0,86 [•]
Частота актов груминга	контроль	0,9±0,21	1,1±0,33	3,0±0,21 ^{#*}
	алкоголизация	0,9±0,46	0,7±0,37	1,3±0,25 [•]
Результаты тестирования в тесте Порсолта				
Время неподвижности, с	контроль	28,0±2,88	27,1±1,75	18,5±2,03 ^{#*}
	алкоголизация	76,3±5,26 [•]	79,2±3,09 [•]	86,8±6,14 [•]
Общее количество периодов неподвижности	контроль	5,9±0,75	5,6±0,57	4,8±0,61
	алкоголизация	12,3±0,73 [•]	13,3±0,65 [•]	15,3±0,91 [•]
Количество фекальных болюсов	контроль	3,0±0,43	3,3±0,36	1,3±0,25 ^{#*}
	алкоголизация	9,1±0,51 [•]	8,6±0,41 [•]	6,8±0,38 [•]

Примечание: # – различия статистически значимы в сравнении показателей условного контроля (средний тип выраженности показателей поведения) с группами высокого и низкого типа показателей поведения; * – различия статистически значимы при сравнении показателей группы с крайними типами выраженности показателей поведения; • – различия статистически значимы при сравнении значений показателей, полученных после алкоголизации с исходными (контрольными).

Самцы, показавшие высокий и средний уровень тревожности в контроле, не отличаются по исследовательской, двигательной и груминговой активности, а так же показателям депрессивности и эмоциональности.

Кроме того, у крыс всех подгрупп тревожности частота актов неподвижности в тесте Порсолта была одинаковой.

Двухнедельная алкоголизация выявила следующие эффекты на психоэмоциональное состояние самцов, отличающихся в контроле уровнем тревожности. Установлено, что высокотревожные крысы не выявили чувствительности в приподнятом крестообразном лабиринте к алкоголизации: суммарное время пребывания на открытом пространстве и количество повторных выходов на него у самцов данной подгруппы достоверных изменений не претерпели (см. табл. 1). У животных с исходно средним уровнем тревожности численные значения маркерного показателя в данном тесте (время, которое крысы проводили на открытых рукавах и центральной платформе) сократилось в 3 раза ($p < 0,05$), а частота повторных выходов на открытое пространство уменьшилась в 2 раза ($p < 0,05$). У низкотревожных в контроле самцов не выявлено повторных выходов на открытое пространство ПКЛ после алкоголизации, а время пребывания на нем сократилось до 0 ($p < 0,05$).

Таким образом, длительная алкоголизация приводит к анксиогенному эффекту у крыс с исходно средним и низким уровнем тревожности.

В норковой камере у всех животных, не зависимо от их исходного уровня тревожности, наблюдалось угнетение исследовательской активности на фоне алкоголизации. При этом, у среднетревожных самцов суммарное количество вертикальных стоек и заглядываний в отверстия-норки после введения этанола сократилось в 1,7 ($p < 0,05$) раза, в то время как у крыс с крайними уровнями тревожности (высоким и низким), количество поведенческих актов, отражающих исследовательскую активность, сократилось в 4,6 ($p < 0,05$) и 6 ($p < 0,05$) раз соответственно. Двигательная активность среднетревожных самцов не изменилась после двухнедельной алкоголизации, а у крыс с исходно низким и высоким уровнем тревожности – сократилась в 2,4–2,8 ($p < 0,05$) раза.

Хроническая алкоголизация привела к сокращению груминговой активности в 2,3 ($p < 0,05$) раза у нетревожных самцов, в то время как у средне- и высокотревожных животных этанол не вызвал изменений в частоте актов груминга.

Обращает на себя внимание тот факт, что направленность изменений показателей поведения, которые отражают депрессивность животных, не зависит от уровня тревожности крыс: у самцов всех исходных подгрупп на фоне двухнедельной алкоголизации установлено увеличение суммарного времени неподвижности в 2,7–4,7 ($p < 0,05$) раза и количества актов замирания в 2,1–3,2 ($p < 0,05$) раза в тесте Порсолта, что указывает на рост депрессивности у них.

Эмоциональность, определяемая по количеству фекальных болусов, после алкоголизации увеличивалась в 2,6–5,2 ($p < 0,05$) раза у крыс независимо от их исходного уровня тревожности.

Анализ влияния стимулирования дофаминергической системы путем введения алкоголизированным самцам предшественника синтеза дофамина L-ДОФА и

блокирования ауторецепторов дофамина сульпирида показал следующие результаты.

Прежде всего, следует отметить, что увеличение количества дофамина в синаптической щели с помощью фармакологических агентов различного механизма действия привело к снижению тревожности хронически алкоголизованных самцов, не зависимо от исходного уровня их тревожности. При этом, анксиолитический эффект в большей степени был выражен при введении L-ДОФА: время пребывания на открытом пространстве лабиринта у высоко- и среднетревожных крыс значительно превысило (более, чем в 5 раз, $p < 0,05$) численные значения данного показателя в исходных условиях (рис. 1, Б), а у низкотревожных животных достигло контрольных значений.

Блокирование ауторецепторов дофамина сульпиридом привело к увеличению ($p < 0,05$) времени нахождения на открытом пространстве лабиринта до исходных значений у среднетревожных самцов (см. рис. 1, А). Нетревожные алкоголизованные самцы показали сокращение тревожности (в 2,4 раза, $p < 0,05$) после введения сульпирида ($p < 0,05$), однако исходных значений оно не достигло.

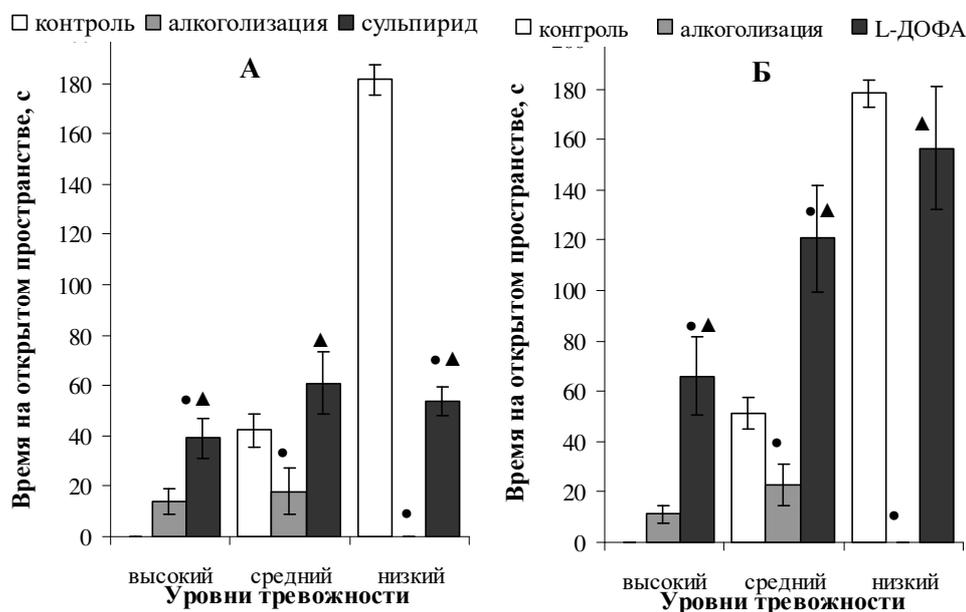


Рис. 1. Характер влияния двухнедельной алкоголизации и последующего введения сульпирида (А) и L-ДОФА (Б) на время пребывания на открытом пространстве лабиринта самцов белых крыс, отличающихся уровнем тревожности.

Примечание: • – отличия статистически достоверны при сравнении с исходными значениями; ▲ – отличия статистически достоверны при сравнении показателей алкоголизации и введения фармакологических препаратов

Другой показатель тревожности – количество повторных выходов на открытое пространство – у низкотревожных самцов под воздействием используемых

фармакологических препаратов изменялся однонаправлено (рис. 1, А, Б): у животных данной подгруппы наблюдалось восстановление частоты выходов до исходных значений ($p < 0,05$). Численные значения данного показателя у среднетревожных алкоголизованных самцов на фоне инъекций сульпирида возросли ($p < 0,05$) и превысили контрольные значения показателя (см. рис. 2, А), что подтверждает анксиолитический эффект блокирования ауторецепторов дофамина у крыс данной подгруппы. Вместе с тем, количество повторных выходов на открытое пространство ПКЛ у алкоголизованных животных с исходно высоким и средним уровнем тревожности после введения предшественника синтеза дофамина не изменилось относительно значений, полученных после двухнедельного введения этанола.

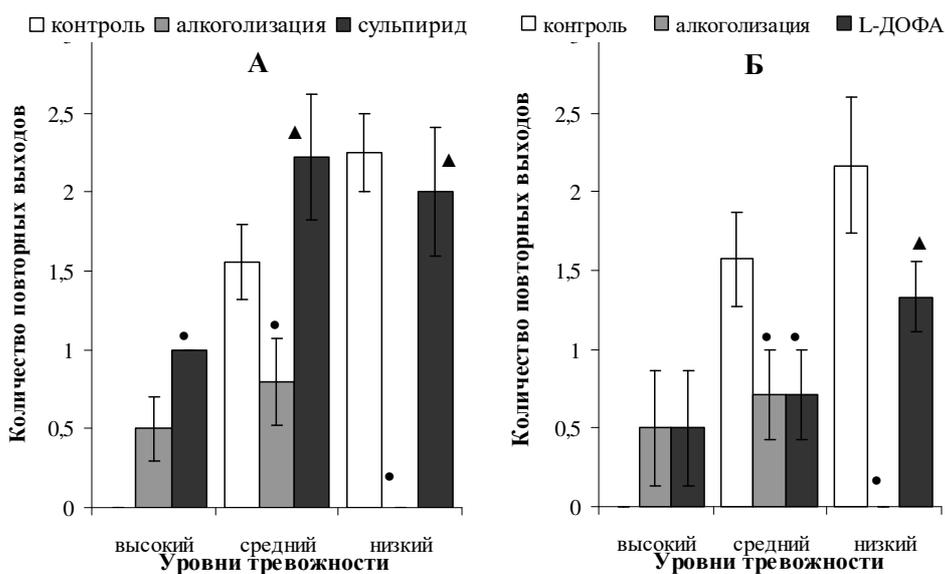


Рис. 2. Характер влияния двухнедельной алкоголизации и последующего введения сульпирида (А) и L-ДОФА (Б) на количество повторных выходов на открытое пространство лабиринта самцов белых крыс, отличающихся уровнем тревожности.

Примечание: • – отличия статистически достоверны при сравнении с исходными значениями; ▲ – отличия статистически достоверны при сравнении показателей алкоголизации и введения фармакологических препаратов.

Анализ изменения показателей поведенческой активности алкоголизованных самцов, отличающихся по уровню тревожности, в ответ на стимуляцию дофаминергической системы введением предшественника синтеза дофамина L-ДОФА и блокатора ауторецепторов сульпирида, выявил следующее. Прежде всего, установлено, что как сульпирид, так и L-ДОФА скомпенсировали ($p < 0,05$) угнетение исследовательской (рис. 3) и двигательной (рис. 4) активности у

алкоголизованных особей, показавших низкий уровень тревожности в исходном тестировании. На данный факт указывает увеличение численных значений исследовательской активности у низкотревожных крыс после инъекций сульпирида в 4,1 раза ($p < 0,05$) и L-ДОФА в 3,2 раза ($p < 0,05$), а так же увеличение количества пересеченных квадратов в 2 ($p < 0,05$) и 1,6 ($p < 0,05$) раза на фоне введения блокатора ауторецепторов дофамина и предшественника его синтеза, соответственно. При этом, двигательная активность нетревожных алкоголизованных крыс после введения сульпирида восстановилась до исходных значений (см. рис. 4, А).

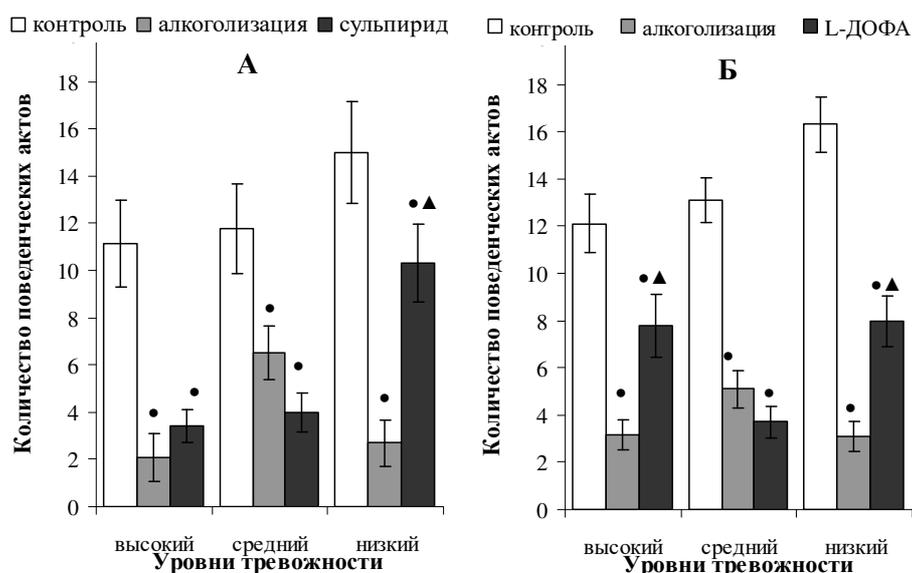


Рис. 3. Характер влияния двухнедельной алкоголизации и последующего введения сульпирида (А) и L-ДОФА (Б) на исследовательскую активность самцов белых крыс, отличающихся уровнем тревожности.

Примечание: ● – отличия статистически достоверны при сравнении с исходными значениями; ▲ – отличия статистически достоверны при сравнении показателей алкоголизации и введения фармакологических препаратов

Обращает на себя внимание тот факт, что использование предшественника синтеза дофамина L-ДОФА оказалось эффективным для восстановления показателей поведенческой активности алкоголизованных самцов с исходно высокой тревожностью, чем применение сульпирида. Так, у животных данной подгруппы установлено увеличение исследовательской активности в 3,3 ($p < 0,05$) раза и двигательной – в 3,6 ($p < 0,05$) раза относительно показателей, полученных после введения этанола (см. рис. 3, 4, Б). В случае двигательной активности наблюдалось ее полное восстановление до контрольных значений.

Среднетревожные алкоголизованные самцы в основном не проявили чувствительности к действию дофаминиметиков: показатели их поведенческой

активности оставались на уровне тех, что были получены после введения этанола. Исключение составило сокращение проявлений двигательной активности в 2,1 ($p < 0,05$) раза у особей со средним уровнем тревожности после введения сульпирида.

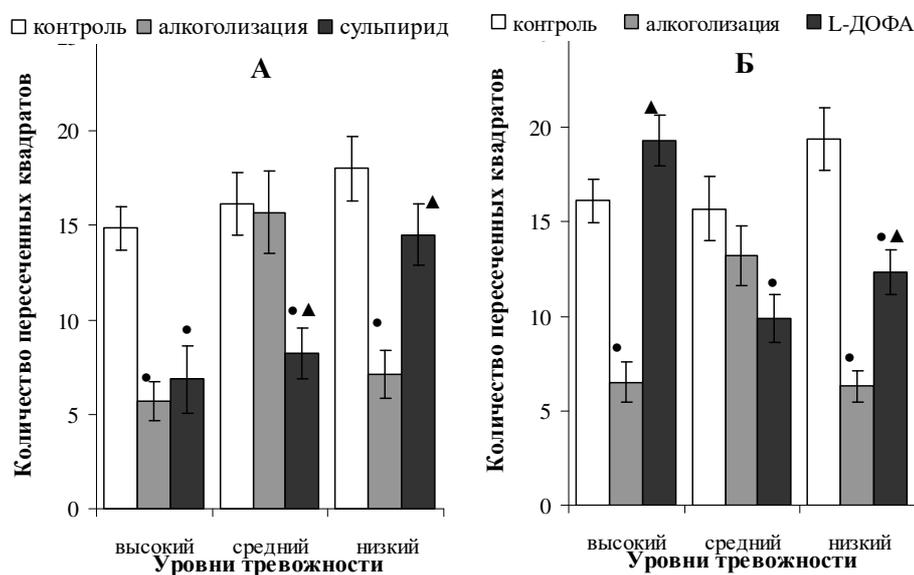


Рис. 4. Характер влияния двухнедельной алкоголизации и последующего введения сульпирида (А) и L-ДОФА (Б) на двигательную активность самцов белых крыс, отличающихся уровнем тревожности.

Примечание: ● – отличия статистически достоверны при сравнении с исходными значениями; ▲ – отличия статистически достоверны при сравнении показателей алкоголизации и введения фармакологических препаратов.

Характер изменения груминговой активности алкоголизованных самцов, отличающихся по исходному уровню тревожности, под действием дофаминомиметиков разного механизма действия в большинстве случаев не дал возможности для установления каких-либо закономерностей вследствие большой дисперсии полученных результатов. Выявлено некоторое стимулирующее действие L-ДОФА (в 4,4 раза ($p < 0,05$)) на груминговое поведение высокотревожных самцов и восстановление груминговой активности у нетревожных крыс после введения сульпирида ($p < 0,05$).

Изменение депрессивно-подобного поведения алкоголизованных самцов под влиянием сульпирида и L-ДОФА выявило однонаправленные изменения показателей поведения в тесте Порсолта, проявившиеся в сокращении показателя депрессивности у крыс всех подгрупп тревожности (рис. 5). При этом, блокирование ауторецепторов дофамина привело к полному восстановлению исходных значений депрессивности ($p < 0,05$) в тесте Порсолта у всех алкоголизованных крыс (см. рис. 5, А), в то время как антидепрессивное действие

предшественника синтеза дофамина зависело от исходного уровня тревожности лабораторных животных: чем более низким был исходный уровень тревожности особей, тем в большей степени под действием L-ДОФА у них сокращалось значение депрессивности (см. рис. 5, Б). Так, у высокотревожных алкоголизованных животных суммарное время неподвижности после введения L-ДОФА сократилось в 1,7 ($p < 0,05$) раза и достигло исходных значений, у средне- и низкотревожных – в 2,9 ($p < 0,05$) и 9,7 ($p < 0,05$) раза, соответственно, что в 1,4–2,1 ($p < 0,05$) раза ниже исходных значений данного показателя.

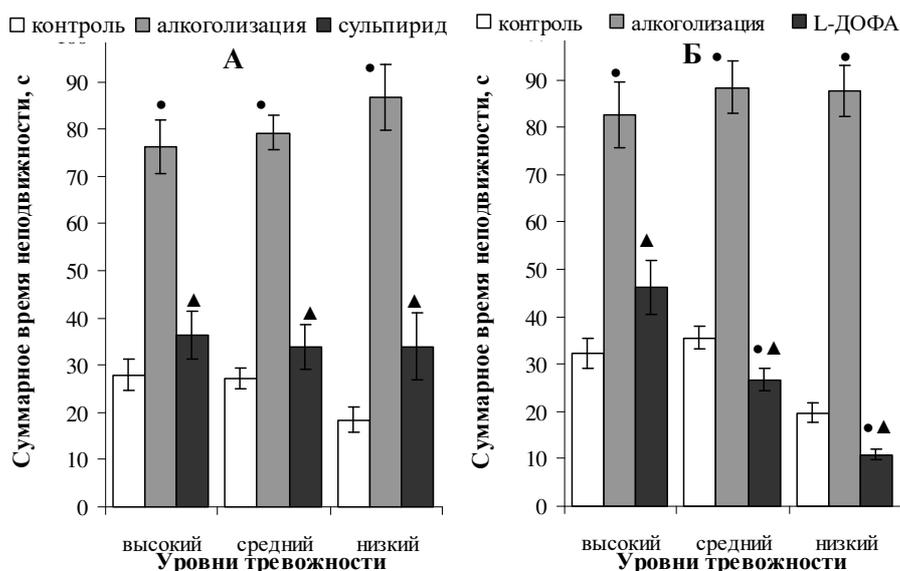


Рис. 5. Характер влияния двухнедельной алкоголизации и последующего введения сульпирида (А) и L-ДОФА (Б) на суммарное время неподвижности самцов белых крыс, отличающихся уровнем тревожности.

Примечание: • – отличия статистически достоверны при сравнении с исходными значениями; ▲ – отличия статистически достоверны при сравнении показателей алкоголизации и введения фармакологических препаратов.

Динамика изменения частоты замираний в тесте Порсолта у исследуемых подгрупп алкоголизованных крыс после введения сульпирида полностью совпадала с изменением общего времени неподвижности: блокирование рецепторов обратного захвата привело к сокращению показателя ($p < 0,05$) до исходных значений (рис. 6, А). Изменение количества актов неподвижности у алкоголизованных самцов после введения им предшественника синтеза дофамина наблюдалось только в подгруппе низкотревожных особей: частота их замираний сократилась в 1,8 ($p < 0,05$) раза и достигла контрольных значений (см. рис. 6, Б).

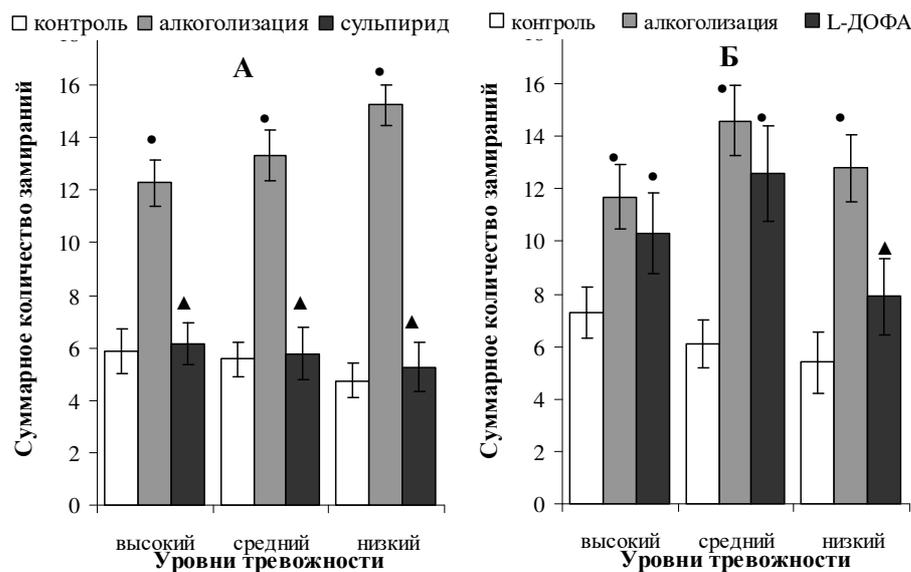


Рис. 6. Характер влияния двухнедельной алкоголизации и последующего введения сульпирида (А) и L-ДОФА (Б) на количество актов неподвижности самцов белых крыс, отличающихся уровнем тревожности.

Примечание: ● – отличия статистически достоверны при сравнении с исходными значениями; ▲ – отличия статистически достоверны при сравнении показателей алкоголизации и введения фармакологических препаратов

Характер изменения эмоциональности у алкоголизованных разнотревожных самцов после введения обоих видов стимуляторов активности дофаминергической системы показал практически одинаковые результаты. Так, низкотревожные алкоголизованные крысы не проявили чувствительности по данному показателю к введению сульпирида и L-ДОФА (рис. 7). Эмоциональность высоко- и среднетревожных особей на фоне введения фармакологических агентов сокращалась в разной степени: у тех животных, которые показали в контрольном тестировании высокую тревожность, количество фекальных болюсов сократилось ($p < 0,05$) до исходных значений, а у тех, которые выявили средние значения тревожности, сульпирид восстановил ($p < 0,05$) исходные значения эмоциональности (см. рис 7, А); инъекции L-ДОФА (см. рис 7, Б) привели к угнетению данного показателя ниже исходных значений в 5,4 ($p < 0,05$) раза.

Усиление тревожности, полученное нами у самцов с исходно средним и низким уровнями тревожности (см. рис. 1, 2), может быть обусловлено резким падением дофамина в прилежащем ядре [21] и эффектами этанола на систему ГАМК-ергических нейронов, на что указывают имеющиеся в литературе данные [22].

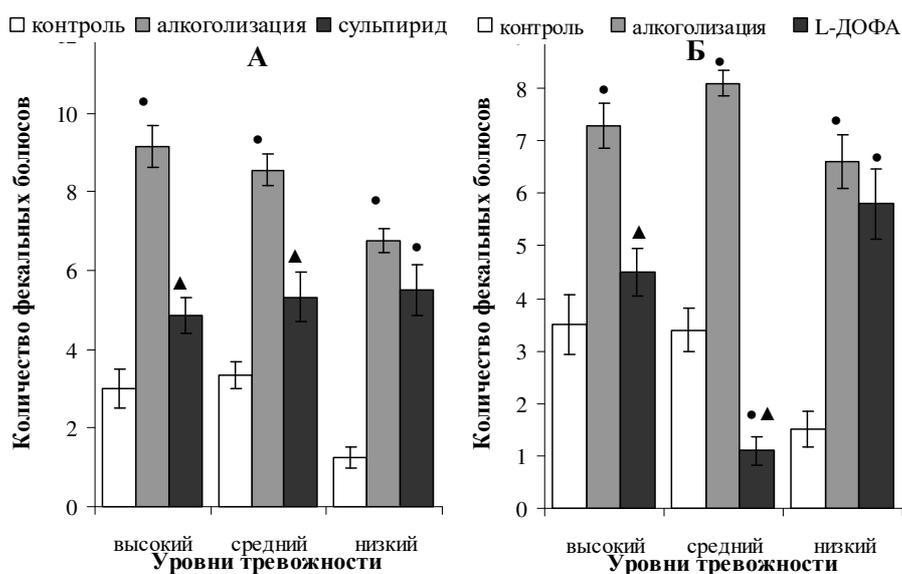


Рис. 7. Характер влияния двухнедельной алкоголизации и последующего введения сульпирида (А) и L-ДОФА (Б) на эмоциональность самцов белых крыс, отличающихся уровнем тревожности.

Примечание: ● – отличия статистически достоверны при сравнении с исходными значениями; ▲ – отличия статистически достоверны при сравнении показателей алкоголизации и введения фармакологических препаратов.

Значительное угнетение исследовательской (в 1,7–6,0 раза ($p < 0,05$)) и двигательной (2,1–2,8 раза ($p < 0,05$)) активности, полученные нами у самцов белых крыс после длительной алкоголизации в норковой камере (см. рис. 3), подтверждают результаты исследований других авторов [3, 23–26]. Такие эффекты могут являться результатом этанолиндуцированного нарушения синаптической пластичности, изменения структуры дендритного дерева, а так же активизации процессов нейродегенерации и угнетения содержания нейротрофического фактора и фактора роста нервов в гиппокампе и префронтальной коре, на что указывают результаты исследований ряда авторов [27, 28]. Эти же явления могут лежать и в основе увеличения показателя депрессивности в тесте Порсолта (см. рис. 5) под воздействием этанола [28, 29]. Вместе с тем, исследования Башкатова В. Г. [30] и Кудрина В. С. [31] указывают на возможность увеличения численных значений двигательного и исследовательского поведения у лабораторных грызунов при введении этанола, что противоречит полученным нами и другими лабораториями, результатам.

Индуцированное длительным введением этанола увеличение эмоциональной нестабильности (см. рис. 7), полученное в наших исследованиях, подтверждает имеющиеся в литературе данные [3]. Однако, некоторые исследования указывают

на отсутствие связи между алкоголизацией и эмоциональностью лабораторных грызунов [24].

Влияние препаратов, стимулирующих дофаминергическую передачу путем или блокирования рецепторов обратного захвата, или увеличения содержания предшественника синтеза дофамина, оказывается эффективным в ряде случаев при коррекции этанолиндуцированных расстройств психоэмоционального спектра по причине увеличения количества данного медиатора, что восполняет недостаточность дофаминергической системы, возникшей в ответ на хроническую алкоголизацию. На подобный эффект блокаторов ауторецепторов к дофамину после введения этанола в своих исследованиях указывали некоторые исследователи [21]. Вместе с тем, в литературе имеются данные, что этанол может быть причиной гибели какой-то части дофаминергических нейронов [32] и, соответственно, компенсация их функции способствует нивелированию ряда нарушений аффективной сферы, вызванных этанолом.

В своих предыдущих работах мы уже указывали на тот факт, что длительная алкоголизация значительно увеличивает депрессивность и эмоциональность лабораторных животных независимо от их исходного уровня активности или депрессивности в открытом поле, что может компенсироваться последующим введением препарата, усиливающего дофаминергическую передачу [33, 34].

Подводя итог сказанному, можно сделать вывод, что введение блокатора ауторецепторов дофамина сульпирида и предшественника синтеза данного медиатора L-ДОФА алкоголизированным самцам позволяет скорректировать этанолиндуцированное увеличение тревожности у исходно средне- и высокотревожных самцов, угнетение исследовательского и двигательного поведения у особей, показавших низкий уровень тревожности и депрессогенный эффект длительного введения этанола у самцов белых крыс независимо от их индивидуальных особенностей. При этом, в ряде случаев L-ДОФА в большей степени, чем сульпирид, реализует данные эффекты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Длительная алкоголизация оказала анксиогенный эффект на самцов с исходно средним и низким уровнем тревожности, на что указывает сокращение времени пребывания на открытом пространстве приподнятого крестообразного лабиринта у животных более, чем в 3 раза ($p < 0,05$). Увеличение тревожности алкоголизированными особями данных подгрупп частично компенсировалось введением сульпирида и полностью – введением L-ДОФА. Предшественник синтеза дофамина позволил снизить индуцированную этанолом тревожность в значительно большей степени (более, чем в 5 раз ($p < 0,05$)) относительно значений, полученных после алкоголизации.
2. Четырнадцатидневная алкоголизация привела к угнетению проявлений исследовательской и двигательной активности более, чем в 2 раза ($p < 0,05$) в норковой камере у всех подопытных животных независимо от их исходного уровня тревожности, показанного ими в ПКЛ. Последующее введение сульпирида позволило несколько (в 2,1–3,7 раза ($p < 0,05$)) скомпенсировать

данный эффект у крыс с исходно низким уровнем тревожности, а введение L-ДОФА повысило численные значения данных показателей у исходно высоко- (в 1,8–3,5 раза ($p < 0,05$)) и низкотревожных (в 1,6–3,2 раза ($p < 0,05$)) особей.

3. Введение этанола в течение 14 дней увеличивает суммарное время неподвижности в тесте Порсолта у всех экспериментальных животных, независимо от их исходного уровня тревожности в 2,7–4,1 раза ($p < 0,05$). Последующее введение блокатора ауторецепторов дофамина сульпирида полностью восстанавливает исходные значения данного показателя. Введения предшественника синтеза дофамина алкоголизированным самцам возвращает к исходному уровню показатель депрессивности у высокотревожных крыс ($p < 0,05$), и снижает (более, чем в 3,5 раза $p < 0,05$) показатель депрессивности у средне- и низкотревожных самцов, что делает их менее депрессивными, чем при исходном тестировании.
4. Длительная алкоголизация увеличивает проявления эмоциональности у животных, независимо от их исходного уровня тревожности, более чем в 2,5 раза ($p < 0,05$). Последующее введения сульпирида нивелирует данный эффект этанола на подгруппу самцов с исходно высоким и средним уровнем тревожности. Введения L-ДОФА нивелирует этанолиндукцированную стимуляцию эмоциональности у высокотревожных самцов и значительно сокращает ее у среднетревожных животных (в 5,4 раза ($p < 0,05$)). На индуцированное этанолом увеличение эмоциональности низкотревожных особей оба препарата эффекта не оказали.

Список литературы

1. Пурсанов К. А. Влияние гепарина на гиподинамию крыс, вызванную этиловым спиртом / К. А. Пурсанов, А. Е. Хомутов, В. С. Слободенюк, А. В. Бочкарева // Мед. альманах. – 2009. – Т. 1 (6). – С. 127–128.
2. Спасов А. А. Изучение фармакологической активности комплексного магнийсодержащего препарата на основе минерала бишофит и пиридоксина гидрохлорида на модели длительной алкоголизации крыс / А. А. Спасов, В. И. Петров, И. Н. Иёжица, Н. В. Онищенко, Н. В. Чурбакова, В. В. Паршев // Экспер.и клинич. фармакол. – 2003. – Т. 66 (5). – С. 40–44.
3. Пахомова А. О. Зміна поведінкових реакцій та ліпопероксидних процесів в тканині печінки гостроалкоголізованих щурів при введенні кверцетину протягом 14 діб / А. О. Пахомова, О. А. Коваленко, Т. М. Говоруха, В. М. Бабан, М. Ю. Макаруч // Фізика живого. – 2008. – Т. 16, №1. – С. 105–110.
4. Тюренков И. Н. Влияние фенибута на поведение животных в условиях добровольной хронической алкоголизации / И. Н. Тюренков, А. В. Воронков, Л. Е. Бородкина // Экспер.и клинич. фармакол. – 2005. – Т. 68 (3). – С. 42–45.
5. Башкатова В. Г. Введение агониста каппа-опиоидных рецепторов предупреждает изменения двигательной активности и метаболизм крыс, вызванные острым введением этанола / В. Г. Башкатова, С. К. Судаков, М. М. Тригуб, Н. Г. Богданова, А. Колпаков // Акамедич. журн. Западной Сибири. – 2014. – Т. 10, № 1 (50). – С. 57–58.
6. Пивоварчик М. В. Участие опиоидной и дофаминовой систем мозга в реализации аддиктивных свойств этанола / М. В. Пивоварчик // Журнал ГГМУ. – 2003. – № 4. – С. 3–6.
7. Лебедев А. А. Реакция клеток мезокортиколимбической дофаминергической системы мозга на длительную алкоголизация у крыс / А. А. Лебедев, А. В. Дробленков, П. Д. Шабанов // Психофармакология и биологическая наркология. – 2008. – Т. 8, № 4. – С. 2453–2456.

8. Шабанов П. Д. Роль дофамина в формировании эмоционального поведения / П. Д. Шабанов, А. А. Лебедев, Ш. К. Мещеров, В. П. Павленко, В. Ф. Стрельцов // *Обзоры по клин.фармакол. и лек.терапии.* – 2003. – Т. 2 (1). – С. 23–45.
9. Богданова И. В. Роль дофамина в механизмах формирования некоторых расстройств ЦНС и состояний зависимости (обзор литературы) / И. В. Богданова // *Український вісник психоневрології.* – 2011. – Т. 19 (67). – С. 5–8.
10. Kudryavtseva N. N. Social defeats, depression and anxiety: an experimental model. / Kudryavtseva N. N., Bakshantovskaya I. V., Avgustinovich D. F., Koryakina L. A., Serova L. I., Wishnivetskaya G. B., Kaledin V. I., Popova N. A., Ilnitskaya S. I., Kolesnikova L. A., Amstislavskaya T. G., Gorbach O. V., Lipina T. V., Shigantsov S. N., Madorskaya I. A., Denisova T. F. – Novosibirsk: Institute of Cytology and Genetics SD RAS, 1995.
11. Шабанов П. Д. Психофармакология / П. Д. Шабанов. – СПб.: Элби-СПб, 2008. – 416 с.
12. Краснов В. Н. Проблемы современной диагностики депрессии / В. Н. Краснов // *Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова.* – 2012. – Т. 112. (11). – С. 3–10.
13. Табакофф Б. Нейробиологические эффекты алкоголя / Б. Табакофф, Л. Хоффман // *Вопр. наркол.* – 2003. – №. 5. – С. 27–42.
14. Шабанов П. Д. Наркология / П. Д. Шабанов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 832 с.
15. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под ред. В. П. Фисенко. – М.: Минздрав РФ, ЗАО «ИИА „Ремедиум“», 2000. – 398 с.
16. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова, Д. П. Хьюстон. – Москва: Высшая школа, 1991. – 399 с.
17. Амикишиева А. В. Поведенческое фенотипирование: современные методы и оборудование / А. В. Амикишиева // *Вестник ВОГиС.* – 2009. – Т. 13 (3). – С. 529–542.
18. Sergutina A. V. The effects of L-DOPA on glutamate dehydrogenase activity in the cerebral neurons of rats with different motor activities / A. V. Sergutina // *Neurochemical Journal.* – 2010. – V.4 (1). – P. 25–29.
19. Шаляпина В. Г. Изменение приспособительного поведения активных и пассивных крыс вistar в водно-иммерсионной модели депрессии / В. Г. Шаляпина, Е. А. Вершинина, В. В. Ракицкая // *Журнал ВНД им. И. П. Павлова.* – 2006. – № 4. – С. 543–547.
20. Сапронов Н. С. Влияние L-триптофана на условный рефлекс активного избегания у крыс-самцов с повышенным уровнем тестостерона / Н. С. Сапронов, Ю. О. Федотова // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* – 2000. – № 7. – С. 67–69.
21. Дробленков А. В. Нейроглияльное взаимодействие в дофаминергических структурах лиц, умерших от алкогольной интоксикации / А. В. Дробленков, П. Д. Шабанов // *Наркология.* – 2011. – №3. – С. 43–50.
22. Кучер Е. О. Сочетанное употребление кофеина и этанола увеличивает предпочтение алкоголя у самок крыс / Е. О. Кучер, А. Ю. Егоров, Е. В. Филатова, К. О. Кулагина // *Наркология.* – 2010. – № 12. – С. 37–40.
23. Осолок Л. Н. Патологические аспекты хронического алкоголизма, наркомании и токсикомании / Л. Н. Осолок, А. А. Терентьев // *Фундаментальные исследования.* – 2011. – №10. – С. 340–344
24. Гольдина И. А. Протекторные свойства экстракта куркумы при этанолиндукцированных нарушениях поведения / И. А. Гольдина, Е. В. Маркова, Б. Г. Гольдин, М. А. Княжева, К. В. Гайдун // *Саратовский научно-медицинский журнал.* – 2017. – Т.13 (1). – С. 131–135.
25. Куркин Д. В. Коррекция психоневрологических проявлений алкогольного похмелья у крыс ацетилцистеином / Д. В. Куркин, Е. И. Морковин, Н. А. Осадченко, Л. П. Кнышова, Д. А. Бакулин, Е. Е. Абросимова, Ю. В. Горбунова, И. Н. Тюренков // *Фармация и фармакология.* – 2019. – Т. 7(5). – С. 291–299.
26. Хомутов А. Е. Влияние гепарина и этанола на ориентировочно-исследовательское поведение крыс в тесте «Открытое поле» / А. Е. Хомутов, А. С. Лизунова // *Journal of Siberian Medical Sciences.* – 2020. – №2. – С. 42–49.
27. Fernandez G. M. Chronic drinking during adolescence predisposes the adult rat for continued heavy drinking neurotrophin and behavioral adaptation after long-term, continuous ethanol exposure / G. M. Fernandez, W. N. Stewart, L. M. Savage // *PLoS One.* – 2016. – V. 11 (3). – P. 1–24.

28. Базовкина Д. В. Влияние хронической алкоголизации на экспрессию гена нейротрофического фактора мозга (BDNF) и его рецепторов в мозге мышей с генетической предрасположенностью к “депрессивно-подобному” поведению / Д. В. Базовкина, Е. М. Кондаурова, А. С. Цыбко, А. И. Ковецкая, Т. В. Ильчибаева, В. С. Науменко // Молекулярная биология. – 2017. – Т. 51, №4. – С. 647–655.
29. Galecki P. Mechanisms underlying neurocognitive dysfunctions in recurrent major depression / P. Galecki, M. Talarowska, G. Anderson, M. Berk, M. Maes // Med. Sci. Monit. – 2015. – V. 21. – P. 1535–1547.
30. Башкатова В. Г. Изучение повторяющегося введения этанола на уровень двигательной активности крыс / В. Г. Башкатова, Н. Г. Богданова, Г. А. Назарова, Е. В. Алексеева, С. К. Судаков // Академический журнал Западной Сибири. – 2018. – Т. 14, №1 (72). – С. 24–25.
31. Кудрин В. С. Изучение поведенческих и нейрохимических эффектов гимантана на динамику гиперлокомоторной реакции, индуцированной этанолом, у мышей линии DBA/2 / В. С. Кудрин, А. В. Надорова, В. Б. Наркевич, Л. Г. Колик // Нейрохимия. – 2018. – Т. 35, №1. – С. 62–69.
32. Дробленков А. В. Реактивные изменения орексинергических и дофаминергических нейронов при формировании алкогольной зависимости / А. В. Дробленков, П. С. Бобков, А. В. Федоров, Р. Н. Маградзе // Медицина и образование. – 2018. – №2 (2). – С. 43–46.
33. Фролова Г. А. Поведенческие эффекты блокирования D2/D3-рецепторов дофамина у алкоголизованных самцов белых крыс с разным уровнем поведенческой активности / Г. А. Фролова // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2017. – Т. 7, №4. – С. 75–84.
34. Фролова Г. А. Оценка корректирующего влияния сульпирида на поведенческие нарушения алкоголизованных самцов белых крыс с разным уровнем депрессивности / Г. А. Фролова // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2019. – Т. 63, № 2. – С.19–28.

**ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF CORRECTION OF
PSYCHOEMOTIONAL DISORDERS IN ALCOHOLIZED RATS WITH
STIMULATION OF DOPAMINERGIC TRANSMISSION**

Balakireva G. A., Balakireva E. A.

*Donetsk state university, Donetsk, Russia
E-mail: g.a.balakireva@mail.ru*

The purpose of the presented fragment of the complex work is to assess the possibility of compensating for psychoemotional disorders that occur after prolonged ethanol intake in male white rats with drugs that stimulate transmission in the dopaminergic synapse, taking into account the individual characteristics of animal organism.

Method. The experiment is executed on 80 sexually mature rats-males (180–220 g).

The level of anxiety was assessed in an elevated plus maze based on the total time spent by the animal in the open space. Locomotor and exploratory activity, grooming behavior of animals was assessed using open field within 5 minutes. The depressive level of rats was determined in the test of Porsolt by the total time of the time of immobility and the number of periods of immobility for 6 minutes of testing. The number of fecal boluses was tried about emotional animals. After the initial (control) test battery in the above test animals

were divided into three subgroups according to the severity of depressive level in the test of Porsolt. Alcoholization was carried out for 14 days by intraperitoneal injection of a solution of ethanol in a 10 % solution at the rate of 2 g/kg of animal weight, after which the animals were again tested. The dopaminergic system was stimulated by introducing a precursor of dopamine synthesis – L-DOPA ("Madopar". Roche S.p.A., Italy) at a dose of 50 mg/kg intraperitoneally for 14 days and a dopamine autoreceptor blocker – Sulpiride ("Eglonyl", Sanofi Winthrop Industrie, France) at a dose of 10 mg/kg intraperitoneally for 14 days.

Results. In model experiments on male white rats, the possibility of correcting behavioral disorders that occur against the background of two weeks of alcoholism was investigated by introducing an autoreceptor blocker of dopamine (sulpiride) and a precursor to dopamine synthesis (L-DOPA). It was found that both sulpiride and L-DOPA correct the anxiogenic effect of ethanol in animals regardless of their initial anxiety level. L-DOPA makes it possible to neutralize the inhibition of research and motor activity induced by two weeks of ethanol administration in males with initially extreme levels of anxiety, while sulpiride is only in low-anxiety rats. The introduction of a precursor to dopamine synthesis turns out to be more effective for correcting an ethanol-induced increase in the depressiveness index of male white rats.

Conclusion. Thus, can be concluded that the administration of the autoreceptor blocker dopamine sulpiride and the precursor of the synthesis of this mediator L-DOPA to alcoholized males allows to correct the ethanol-induced increase in anxiety in initially medium and highly anxious males, inhibition of research and motor behavior in individuals who showed a low level of anxiety and depressogenic effect of prolonged administration of ethanol in male white rats, regardless of their individual characteristics. features. At the same time, in some cases, L-DOPA implements these effects to a greater extent than sulpiride.

Keywords: anxiety, depression, motor activity, research activity, emotionality, alcoholization, dopamine, L-DOPA, Sulpiride.

References

1. Pursanov K. A., Homutov A. E., Slobodenuk V. S., Bochkareva A. V. Influence of heparin on rats' hypodynamia caused by ethyl alcohol. *Medicinskij a'manah*, **1** (6), 127 (2009) (In Russian)
2. Spasov A. A., Petrov V. I. et al. Pharmacological activity of a complex magnesium-containing preparation based on mineral bishofit and pyridoxine hydrochloride studied on the model of chronic alcohol intoxication in rats. *Russian Journal of Experimental and Clinical Pharmacology*, **66** (5), 40 (2003) (In Russian)
3. Pahomova A. O., Kovalenko O. A., Govoruha T. M., Baban V. M., Makarchuk M. Yu. Change of behavioral reactions and lipoperoxidation processes in liver in strongly alcoholized rats under introduction of quercetin during 14 days. *Physics of the alive*, **16** (1), 105 (2008) (In Ukrainian).
4. Tyurenkov I. N., Voronkov A. V., Borodkina L. E. Effect of phenibut on the behavior of experimental animals under conditions of voluntary chronic alcoholism. *Russian Journal of Experimental and Clinical Pharmacology*, **68** (3), 42 (2005) (In Russian).
5. Bashkatova V. G., Sydakov S. K., Trigub M. M., Bogdanova N. G., Kolpakov A. Introduction of an agonist the kappa-opioid receptors prevents changes of a physical activity and the metabolism of rats caused by acute administration of ethanol. *Akademicheskij zhurnal Zapadnoy Sibiri*, **1** (50), 57 (2014). (In Russian)
6. Pivovarchik M. V. Participation of opioid and dopamine systems of the brain in the implementation of the addictive properties of ethanol. *Zhurnal GGMU*, **4**, 3 (2003) (In Russian).

7. Lebedev A. A., Droblenkov A. V., Shabanov P. D. Cell Reaction of the Brain Mesocorticolimbic Dopaminergic System on Chronic Alcoholization in Rats, *Psychopharmacol biol narcol*, **8** (3-4), 2453 (2008). (In Russian)
8. Shabanov P. D., Lebedev A. A., Meshеров Sh. K., Pavlenko V. P. Dopamine role in formation of emotional behavior. *Obzori po klinicheskoy farmacologii i eksperimentalnoi terapii*, **2** (1), 23 (2003) (In Russian)
9. Bogdanova I. V. The role of dophamine in mechanisms of forming some disorders of central nervous system and dependent states (Review) *Ukrainskiy visnik psyhonevrologii*, **19** (67), 5 (2011) (In Russian)
10. Kudryavtseva N. N., Bakshtanovskaya I. V., Avgustinovich D. F., Koryakina L. A., Serova L. I., Wishnivetskaya G. B., Kaledin V. I., Popova N. A., Ilnitskaya S. I., Kolesnikova L. A., Amstislavskaya T. G., Gorbach O. V., Lipina T. V., Shigantsov S. N., Madorskaya I. A., Denisova T. F. *Social defeats, depression and anxiety: an experimental model*. (Novosibirsk: Institute of Cytology and Genetics SD RAS, 1995).
11. Shabanov P. D. *Psihofarmakologija* (Psychopharmacology), 416p. (St. Petersburg: Elbi- StP, 2008). (In Russian)
12. Krasnov V. N. Problems of modern diagnostics of a depression. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, **112** (11), 3 (2012) (In Russian)
13. Tabakoff B., Hofman L. Neurobiological effects of alcohol. *Voprosi narcologii*, **5**, 27 (2003) (In Russian)
14. Shabanov P. D. *Narkologiya*, 832p. (M.: GEOTAR-Media, 2015) (In Russian).
15. Fisenko V. P. *Rukovodstvo po eksperimentalnomu (doklinicheskomu) izucheniyu novih farmakologicheskikh veshstv*, 398 p. (Moscow: Minzdrav RF, ZAO «IIA «Remedium»»; 2000). (In Russian)
16. Buresh Ja., Bureshova O., Huston D. P. *Metodiki i osnovnye jeksperimenty po izucheniju mozga i povedenija* (Techniques and the basic experiments for the study of a brain and behavior), 399p. (Moskow: Higher School, 1991). (In Russian)
17. Amikishieva A. V. Behavioral phenotyping: up-to-date methods and equipment, *Proceedings VOGiS*, **13** (3), 259 (2009). (In Russian).
18. Sergutina A. V. The effects of L-DOPA on glutamate dehydrogenase activity in the cerebral neurons of rats with different motor activities, *Neurochemical Journal*, **4** (1), 25 (2010).
19. Shalyapina V. G., Vershinina E. A., Rakitskaya V. V., Rizhova L. Yu. Alteration of Active and Passive Wistar Rats Adaptive Behavior in Water-Immersion Model of Depression, *I. P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, **36** (4), 543 (2006). (In Russian).
20. Sapronov N. S., Fedotova Yu. O. Effect of L-tryptophan on active avoidance response in male rats with increased testosterone level. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, **7**, 67 (2000) (In Russian).
21. Droblenkov A. V., Shabanov P. D. Neuroglial interactions in dopaminergic structures of the brain in subjects dead from alcohol intoxication. *Narcology*, **13**, 43 (2011) (In Russian).
22. Kucher E. O., Egorov A. Y., Filatova E. V., Kulagina K. O. Combine caffeine and ethanol consumption increases alcohol preference in female rats. *Narcology*, **12**, 37 (2010) (In Russian).
23. Oskolok L. N., Terentiev A. A. Pathophysiological aspects of chronic alcoholism, drug addiction and toxicomania, *Fundamental research*, **10**, 340 (2011). (In Russian).
24. Goldina I. A., Markova E. V., Goldin B. G., Knyazheva M. A., Gaidul K. V. The turmeric protective properties at ethanol-induced behavioral disorders, *Saratov Journal of Medical Scientific Research*, **13** (1), 131 (2017). (In Russian).
25. Kurkin D. V., Morkovin E. I., Osadchenko N. A., Knishova L. P., Bakulin D. A., Abrosimova E. E., Gorbynova Yu. V., Turenkov I. N. Correction of psychological and neurological signs of alcohol hangover in rats with acetylcysteine, *Pharmacy & Pharmacology*, **7** (5), 291 (2019).
26. Khomutov A. E., Lizunova A. S. Effect of heparin and ethanol on orientation exploratory behavior of rats in the Open field test, *Journal of Siberian Medical Sciences*, **2**, 42 (2020). (In Russian).
27. Fernandez G. M., Stewart W. N., Savage L. M. Chronic drinking during adolescence predisposes the adult rat for continued heavy drinking neurotrophin and behavioral adaptation after long-term, continuous ethanol exposure, *PLoS One*, **11** (3), 1 (2016).
28. Bazovkina D. V., Kondaurova E. M., Tsybko A. S., Ilchibaeva T. V., Naumenko V. S., Kovetskaya A. I. The effects of chronic alcoholization on the expression of brain-derived neurotrophic factor and its

- receptors in the brains of mice genetically predisposed to depressive-like behavior, *Molecular Biology*, **51** (4), 571 (2017).
29. Galecki P., Talarowska M., Anderson G., Berk M., Maes M. Mechanisms underlying neurocognitive dysfunctions in recurrent major depression, *Med. Sci. Monit*, **21**, 1535 (2015).
 30. Bashkatova V. G., Bogdanova N. G., Nazarova G. A., Alexeeva E. V., Sudakov S. K. The study of the repeated introduction of ethanol in various concentrations on the level of motor activity in rats, *Academic Journal of West Siberia*, **14**, 24 (2018). (In Russian)
 31. Kudrin V. S., Nadorova A. V., Narkevich V. B., Kolik L. G. An analysis of the behavioral and neurochemical effects of himantane on the dynamics of the ethanol-induced hyperlocomotor response in DBA/2 mice, *Neurochemical Journal*, **35**, 62 (2018). (In Russian)
 32. Droblenkov A. V., Bobkov P. S., Fedorov A. V., Magradze R. N. Reactive changes of orexynergic and dopaminergic neurons when forming alcohol dependence. *Medicina I obrazovanie*, **2** (2), 43 (2018) (In Russian)
 33. Frolova G. A. Behavioural effects of blocking of D2/D3-receptors of dopamine at alkogolization males of white rats with the different level of behavioural activity. *Krimskii zhurnal eksperimentalnoi i klinicheskoi medicini*, **7** (4). 75 (2017) (In Russian).
 34. Frolova G. A. The sulphiride correction of behavioral disorders in alcoholized white male rats with different degrees of depression, *Pathological physiology and experimental therapy*, **2**, 19 (2019). (In Russian).

УДК 612.82

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-35-44

АКТИВНОСТЬ МОЗГОВЫХ СТРУКТУР У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН ПРИ НАБЛЮДЕНИИ И ОТМЕРИВАНИИ КОРОТКОГО ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ

Бушов Ю. В.¹, Ушаков В. Л.^{2,3,4}, Светлик М. В.¹, Карташов С. И.⁵, Орлов В. А.⁵

¹*Национальный Исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*

²*Институт перспективных исследований мозга, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

³*НИЯУ МИФИ, Москва, Россия*

⁴*ГБУЗ «Психиатрическая клиническая больница №1 им. Н. А. Алексеева» ДЗМ, Москва, Россия*

⁵*Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский институт», Москва, Россия*
E-mail: bushov1945@mail.ru

Методом фМРТ исследовали активность мозговых структур у мужчин и женщин при наблюдении и отмеривании короткого интервала времени 0,8 с. Установлено, что наблюдение за отмериванием интервала времени сопровождается у мужчин и женщин активацией не только тех зон коры, где расположены «двигательные» зеркальные нейроны, но и других зон ассоциативной, сенсорной и двигательной коры, а также мозжечка. Отмеривание короткого интервала времени левой или правой рукой сопровождается у мужчин и женщин активацией частично тех же мозговых структур, что и при наблюдении за отмериванием, но они активируются значительно сильнее. Отмеривание короткого интервала времени левой рукой сопровождается более сильной активацией «заинтересованных» мозговых структур, чем при отмеривании правой рукой. Обнаружены гендерные различия активации мозговых структур при наблюдении и отмеривании короткого интервала времени.

Ключевые слова: зеркальные нейроны, наблюдение и отмеривание короткого интервала времени, интерпретация действий и намерений.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия пристальное внимание исследователей привлекают, так называемые зеркальные нейроны, которым отводится важная роль в социальном поведении человека [1]. Согласно популярной в настоящее время гипотезе [2], зеркальные нейроны могут служить нейрональной основой для интерпретации действий, подражательного обучения и имитации поведения других людей. По мнению исследователей [3], это достигается путем копирования мозгом наблюдателя действий другого человека посредством актуализации соответствующих двигательных программ. Однако не все исследователи разделяют эту точку зрения. В частности, Грег Хикок [4] на основе анализа имеющихся данных приходит к выводу, что «ранняя гипотеза о том, что эти клетки лежат в основе понимания действия, является интересной и, на первый взгляд, разумной идеей. Однако, несмотря на широкое признание, это предположение никогда не

было адекватно проверено у обезьян, а у людей есть эмпирические данные против неё». Владимир Косоногов [5] видит другое противоречие. По мнению автора, сторонники теории зеркальных нейронов в качестве нейрофизиологической основы понимания действий постулируют, что активность зеркальных нейронов отражает цели чужих действий, потому что они активируются, если наблюдаемое действие целенаправленно. Однако остается неясным: откуда они (зеркальные нейроны) «знают», что определенное действие целенаправленно? На какой стадии их активации они обнаруживают цель движения или её отсутствие? Автор считает, что система зеркальных нейронов может быть активирована только после того, как цель наблюдаемого действия определяется некоторыми другими структурами мозга [5]. С возражениями против того, что зеркальные нейроны ответственны за понимание намерений других людей, выступили и некоторые нейрофилософы. В частности, Патриция Чёрчлэнд [6] считает, что понимание намерений другого человека осуществляется на уровне более сложной нейронной активности, чем уровень отдельных нейронов.

Таким образом, вопрос об участии зеркальных нейронов в интерпретации действий и намерений требует дополнительного изучения.

Целью настоящего исследования явилось изучение роли зеркальных нейронов в интерпретации действий и намерений. В задачу исследований входило: изучить активность «двигательных» зеркальных нейронов у мужчин и женщин при наблюдении и отмеривании короткого интервала времени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях участвовали добровольцы – 20 мужчин и 20 женщин в возрасте от 19 до 27 лет, учащиеся вузов. От каждого испытуемого было получено согласие на участие в экспериментах, также были заполнены форма добровольного информированного согласия, опросный лист и согласие на обработку персональных данных. Разрешение на проведение исследований на людях было предоставлено Этической Комиссией НИЦ Курчатовский институт. В ходе предварительного обследования изучали особенности латеральной организации мозга с определением ведущей руки. Для выявления ведущей руки использовалась анкета Аннет. По результатам анкетирования подсчитывали показатель мануального предпочтения (ПМП). В качестве модели сенсомоторной деятельности испытуемым предлагали деятельность, связанную с наблюдением и отмериванием интервала 0,8 с. Исследование включало несколько серий экспериментов. В первой серии (Наблюдение за отмериванием интервала времени) испытуемому демонстрируют видеоролик с изображением неподвижной руки оператора (контроль 1). Затем видеоролик с изображением руки того же оператора, которой он отмеривает интервал 0,8 с паузой между двумя нажатиями на клавишу “Пробел”. Во второй серии (Отмеривание интервала времени) испытуемому на экране демонстрируют интервал времени 0,8 с который он должен отмерить в начале левой рукой, затем правой рукой. После этого испытуемому, находящемуся в состоянии оперативного покоя, предлагают фиксировать взор на белый крест в центре экрана (контроль 2).

Результаты структурной и функциональной МРТ получены в НБИКС-технологий НИЦ «Курчатовский институт» на томографе SIEMENS Magnetom Verio 3 Tesla. Для получения структурного изображения мозга с высоким разрешением (T1-взвешенное изображение) были использованы следующие параметры последовательности быстрого градиентного эхо (rapid gradient echo): 176 срезов, TR (время повторения) = 1900 мс, TE (время эхо) = 2.19 мс, толщина среза = 1 мм, угол поворота = 90, время инверсии = 900 мс, поле наблюдения = 250x218 мм. Для получения данных фМРТ использованы следующие параметры: TR = 2 секунды, TE = 20 миллисекунд, количество срезов – 42, размер воксела – 2x2x2 мм. Дополнительно были получены данные для уменьшения пространственных искажений эхо-планарных изображений.

Все фМРТ-данные были предварительно обработаны с помощью пакета SPM8. В рамках каждой из парадигм были выполнены попарные сравнения на основании статистики Стьюдента и получены индивидуальные и групповые карты с уровнем значимости $p < 0.001$. Все полученные статистические карты наносились на шаблонное T-1 изображение и производилась анатомическая привязка «активных» вокселей к атласу CONN.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение латеральной организации мозга испытуемых показало, что среди 20 мужчин преобладают «правши» (18 человек), имеются «левши» (2 человека) и отсутствуют «амбидекстры». Среди 20 женщин также преобладают «правши» (17 человек), имеется «левша» и 2 «амбидекстра».

Сравнение условия просмотра видеоролика с изображением руки оператора, которой он отмеривает интервал 0,8 с с просмотром видеоролика с изображением неподвижной руки оператора позволило обнаружить у мужчин активацию двигательных, сенсорных, ассоциативных зон коры и, в частности, латеральной затылочной коры, справа и слева, средней височной извилины, справа и слева, прецентральной извилины, справа и слева, височной площадки справа и слева, затылочной веретеновидной извилины, справа, средней лобной извилины, справа и некоторых других зон коры. У женщин в тех же условиях обнаружена активация прецентральной извилины, справа и слева, латеральной затылочной коры, справа и слева, дополнительной моторной коры, справа и слева, верхней лобной извилины, справа и слева, средней височной извилины, справа и слева, парасингулярной извилины, справа и слева, постцентральной извилины, справа и слева, а также других зон коры и некоторых зон мозжечка.

Гендерные различия проявились в том, что у женщин при наблюдении за отмериванием интервала 0,8 с активруется и большее количество «заинтересованных» мозговых структур и они активируются сильнее. Так, если у мужчин количество активированных вокселей в области латеральной затылочной коры справа и слева составляет соответственно 81 и 51 вокселей, то у женщин – соответственно 332 и 292 вокселей.

Сравнение условия отмеривания интервала времени 0,8 с правой или левой рукой с состоянием оперативного покоя с фиксацией взора на белый крест в центре

экрана позволило обнаружить у мужчин активацию лобных, височных, теменных и затылочных зон коры, а также ряда подкорковых структур (мозжечок и др.). Часть из них активируются и при наблюдении за отмериванием того же интервала времени. Среди них: средняя височная извилина, справа и слева, прецентральная извилина, справа и слева, височная площадка, справа и слева, средняя лобная извилина, справа, центральная оперкулярная кора, справа, кора теменной покрышки, справа. Оказалось, что перечисленные структуры сильнее активируются при отмеривании заданного интервала времени левой рукой. Вероятно, это связано с тем, что большинство обследованных мужчин являются «правшами» и отмеривание интервала времени левой рукой для них представляет более сложную задачу, которая требует вовлечения дополнительных «мозговых ресурсов».

Кроме того, ряд областей мозга (латеральная затылочная кора, затылочная веретенообразная извилина), которые активируются при наблюдении за отмериванием, не активируются при отмеривании того же интервала левой и правой рукой.

Активность мозговых структур у мужчин при наблюдении и отмеривании интервала 0,8 с левой и правой рукой иллюстрирует таблица 1.

Таблица 1
Активность мозговых структур у мужчин при наблюдении и отмеривании интервала времени 0,8 с левой (Л) и правой (П) рукой, уровень значимости $p < 0,001$

№ п.п.	Анатомический регион	Наблюдение	Отмеривание Л/П
1.	LOC r (Lateral Occipital Cortex, inferior division Right)	81	0/0
2.	toMTG r (Middle Temporal Gyrus, temporooccipital part Right)	64	109/0
3.	LOC l (Lateral Occipital Cortex, inferior division Left)	51	0/0
4.	PreCG r (Precentral Gyrus Right)	53	1319/21
5.	PreCG l (Precentral Gyrus Left)	44	231/290
6.	PT r (Planum Temporale Right)	42	177/0
7.	PO r (Parietal Operculum Cortex Right)	39	268/0
8.	OFusG r (Occipital Fusiform Gyrus Right)	36	0/0
9.	toMTG l (Middle Temporal Gyrus, temporooccipital part Left)	27	18/0
10.	MidFG r (Middle Frontal Gyrus Right)	29	506/16
11.	PT l (Planum Temporale Left)	22	45/0
12.	CO r (Central Opercular Cortex Right)	19	128/0

Примечание: в таблице указано количество активирующихся вокселей в соответствующем анатомическом регионе при наблюдении и отмеривании интервала 0,8 с.

Сравнение активности мозговых структур у женщин при отмеривании интервала 0,8 с левой и правой рукой с состоянием оперативного покоя с фиксацией взора на белый крест в центре экрана позволило обнаружить активацию сенсорных, двигательных и ассоциативных зон коры, а также ряда подкорковых структур. Часть этих структур активируются и при наблюдении за отмериванием того же интервала времени. Среди них: прецентральная извилина, справа и слева, дополнительная моторная кора, справа и слева, верхняя лобная извилина, справа и слева, средняя височная извилина, справа, парасингулярная извилина, справа и слева, постцентральная извилина, слева, средняя лобная извилина, справа и слева и некоторых других зон коры, а также мозжечка. Оказалось, что активность одних и тех же мозговых структур у мужчин и женщин существенно выше при отмеривании интервала времени, чем при наблюдении за отмериванием того же интервала времени. Кроме того, у женщин, как и у мужчин, активность «заинтересованных» структур оказалась существенно выше при отмеривании интервала 0.8 с левой рукой. Вероятно, это объясняется тем, что среди женщин преобладают «правши». Поэтому отмеривание интервала времени левой рукой для них представляет более сложную задачу, которая требует больше «мозговых ресурсов».

Активность мозговых структур у женщин при наблюдении и отмеривании интервала 0,8 с левой и правой рукой иллюстрирует таблица 2.

Таблица 2

Активность мозговых структур у женщин при наблюдении и отмеривании интервала 0,8 с левой (Л) и правой (П) рукой, уровень значимости $p < 0,001$

№ п.п.	Анатомический регион	Наблюдение	Отмеривание Л/П
1.	PreCG l (Precentral Gyrus Left)	517	409/376
2.	PreCG r (Precentral Gyrus Right)	113	818/41
3.	SMA r (Juxtapositional Lobule Cortex -formerly Supplementary Motor Cortex- Right)	80	358/37
4.	SMA L(Juxtapositional Lobule Cortex -formerly Supplementary Motor Cortex- Left)	76	338/183
5.	SFG r (Superior Frontal Gyrus Right)	75	163/3
6.	toMTG r (Middle Temporal Gyrus, temporooccipital part Right)	64	9/0
7.	PaCiG r (Paracingulate Gyrus Right)	49	0/7
8.	PostCG l (Postcentral Gyrus Left)	44	73/185
9.	SFG l (Superior Frontal Gyrus Left)	10	229/29
10.	MidFG l (Middle Frontal Gyrus Left)	6	217/0
11.	Cerebl r (Cerebellum Crus l Right)	6	40/0
12.	MidFG r (Middle Frontal Gyrus Right)	6	139/28
13.	PaCiG l (Paracingulate Gyrus Left)	5	133/19

Согласно имеющимся данным «двигательные» зеркальные нейроны у человека локализируются в передней части нижней теменной коры, нижней части прецентральной извилины и задней части нижней лобной извилины [7]. Однако полученные данные свидетельствуют о том, что при наблюдении за отмериванием интервала времени активируются не только те зоны коры, где расположены двигательные зеркальные нейроны, но и другие зоны коры, а также подкорковые структуры (таблица 1, таблица 2).

Аналогичные результаты получены нами в опытах с наблюдением и репродукцией ритма, с наблюдением и произнесением слов. Оказалось, что наблюдение за репродукцией ритма и произнесением неэмоционального слова сопровождается активацией не только тех зон коры, где расположены «двигательные» и «коммуникативные» зеркальные нейроны, но и других зон коры, а также таламуса и базальных ганглиев, где зеркальные нейроны отсутствуют [8].

Все эти данные убеждают в том, что сами по себе зеркальные нейроны не обеспечивают понимание действий и намерений, хотя и участвуют в этих процессах. В этом плане мы солидарны с мнением некоторых исследователей, которые также считают, что сами по себе зеркальные нейроны не обеспечивают понимание действий и намерений других людей [4–6]. Важно отметить, что активацию различных зон коры при наблюдении, выполнении и мысленном представлении действий, которые не входят в ядро зеркальной системы, отмечали и другие исследователи [9, 10].

Полученные данные позволяют предположить, что «двигательные» зеркальные нейроны выполняют функцию посредника и обеспечивают взаимодействие между префронтальной корой, которая участвует в планировании, постановке целей и инициации действия, двигательными, сенсорными и ассоциативными зонами коры, а также местами хранения в мозге двигательных программ (базальные ганглии и мозжечок). Результатом взаимодействия этих структур, вероятно, и является понимание действий и намерений другого человека. Эта «посредническая» функция зеркальных нейронов объясняет, почему они активируются не только при наблюдении, но также при выполнении или мысленном воспроизведении действий.

Проведенные нами исследования позволили обнаружить отчетливые гендерные различия активности зеркальных нейронов при наблюдении и выполнении транзитивных действий, связанных с отмериванием интервала времени, что соответствует литературным данным [11]. Вероятно, эти различия связаны, главным образом, с особенностями латеральной организации мозга у мужчин и женщин, которые оказывают существенное влияние на когнитивные функции человека [12–14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные исследования показали, что сенсомоторная деятельность, связанная с наблюдением за отмериванием короткого интервала времени сопровождается активацией не только тех зон коры, где расположены «двигательные» зеркальные нейроны, но также других зон коры и мозжечка. Полученные результаты свидетельствуют о том, что сами по себе «двигательные» зеркальные нейроны не обеспечивают понимание действий и намерений, хотя и

участвуют в этих процессах. Предполагается, что они обеспечивают взаимодействие между префронтальной корой, сенсорными и двигательными зонами коры, а также местами хранения в мозге двигательных программ. Результатом взаимодействия указанных структур, по-видимому, и является понимание действий и намерений других людей. Эта «посредническая» функция зеркальных нейронов позволяет понять их участие и активность при наблюдении, выполнении и мысленном воспроизведении действий.

Обнаружены гендерные различия активации мозговых структур при наблюдении и отмеривании короткого интервала времени, что вероятно связано с особенностями латеральной организации мозга у мужчин и женщин.

Установлено, что отмеривание «правшами» короткого интервала времени левой рукой сопровождается более выраженной активацией «заинтересованных» мозговых структур.

Настоящее исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 18-013-00758.

Список литературы

1. Лебедева Н. Н. Система зеркальных нейронов мозга: ключ к обучению, формированию, личности и пониманию чужого сознания / Н. Н. Лебедева, А. И. Зуфман, В. Ю. Мальцев // Успехи физиологических наук. – 2017. – 48 (4). – С. 16–28.
2. Skoyles J. R. Gesture Language Origins and Right Handedness / J. R. Skoyles // Psychology. – 2000. – 11. – P. 24–29.
3. Schippers M. B. Mapping the information flow from one brain to another during gestural communication/ M. B. Schippers, A. Roebroek, R. Renken, L. Nanetti, C. Keysers // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2010. – 107 (20). – P. 9388–9393.
4. Hickok G. Eight problems for the mirror neuron theory of action understanding in monkeys and humans. / Hickok G. // Journal of cognitive neuroscience. – 2009. – 21(7). – P. 1229–1243.
5. Kosonogov V. Why the mirror neurons cannot support action understanding / V. Kosonogov // Neurophysiology. – 2012. – 44 (6). – P. 499–502.
6. Churchland P. S. Braintrust: What neuroscience tells us about morality / P. S. Churchland – Princeton: Princeton University Press, 2011. – 288 p.
7. 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.
8. Бушов Ю. В. Роль зеркальных нейронов в интерпретации действий и намерений / Ю. В. Бушов, В. Л. Ушаков, М. В. Светлик, С. И. Карташов, В. А. Орлов // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2021. – № 56. – С. 86–107.
9. Лебедева Н. Н. Зеркальная система мозга при наблюдении, выполнении и представлении моторных задач – нейрофизиологическое отражение восприятия чужого сознания / Н. Н. Лебедева, Е. Д. Каримова, В. В. Карпычев, В. Ю. Мальцев // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2018. – 68(2). – С. 204–215.
10. Mukamel R. Single-Neuron Responses in Humans during Execution and Observation of Actions / R. Mukamel, A. D. Ekstrom, J. Kaplan, M. Jacoboni, I. Fried // Curr Biol. – 2010. – 20. – P. 750–756.
11. Базян А. С. Зеркальные нейроны, физиологическая роль, особенности функционирования и эмоционально насыщенная карта мозга /А. С. Базян// Успехи физиологических наук. – 2019. – 50(2). – С. 42–62.
12. Игнатова Ю. П. Современные аспекты изучения функциональной межполушарной асимметрии мозга (обзор литературы) / Ю. П. Игнатова, И. И. Макарова, О. Ю. Зенина, А. В. Аксенова // Экология человека. – 2016. – № 9. – С. 30–39.

13. Олоненко Е. С. Психофизиологические аспекты гендерной дифференциации / Е. С. Олоненко, А. И. Кодочигова, В. Ф. Киричуг, М. А. Деева // Психосоматические и интегративные исследования. – 2016. – 2(1). – С. 1–4.
14. Хорольская Е. Н. Гендерные особенности функциональной асимметрии полушарий мозга и каналов восприятия учебной информации у 14-15-летних подростков / Е. Н. Хорольская, Т. А. Погребняк // Научный результат. Физиология. – 2017. – 3 (1). – С. 19–24.

ACTIVITY OF BRAIN STRUCTURES IN MEN AND WOMEN WHEN OBSERVING AND MEASURING A SHORT TIME INTERVAL

Bushov Yu. V.¹, Ushakov V. L.^{2,3,4}, Svetlik M. V.¹, Kartashov S. I.⁵, Orlov V. A.⁵

¹*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia*

²*Institute for Advanced Brain Research, Moscow State University M. V. Lomonosova, Moscow, Russia*

³*NRNU MEPhI, Moscow, Russia*

⁴*GBUZ "Psychiatric Clinical Hospital No. 1 named after. ON THE. Alekseeva" DZM, Moscow, Russia*

⁵*National Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia*

E-mail: bushov1945@mail.ru

Studying the functions of mirror neurons in human social behavior is an urgent task of modern neurophysiology. A currently popular hypothesis is that mirror neurons may serve as the neural basis for interpreting actions, imitative learning, and imitating the behavior of others. According to researchers, this is achieved by the observer's brain copying the actions of another person by updating the corresponding motor programs. However, not all researchers share this point of view. The purpose of the present study was to examine the role of mirror neurons in the interpretation of actions and intentions.

Methodology. Volunteers participated in the research – 20 men and 20 women aged 19 to 27 years, university students. During the preliminary examination, the features of the lateral organization of the brain were studied with the determination of the leading hand. Annette's questionnaire was used to identify the dominant hand. As a model of sensorimotor activity, subjects were offered activities associated with observing and measuring an interval of 0.8 s. In the first series, the subject is shown a video with an image of the operator's motionless hand. Then a video showing the hand of the same operator, with which he measures a time interval of 0.8 with a pause between two presses of the "Space" key. In the second series, the subject is shown on the screen a time interval of 0.8 s, which he must measure first with his left hand, then with his right hand. After this, the subject, who is in a state of operational rest, is asked to fix his gaze on a white cross in the center of the screen. The results of functional MRI were obtained at the Kurchatov Institute Research Center using a SIEMENS Magnetom Verio 3 Tesla tomograph. All fMRI data were preprocessed using the SPM8 package. Within each paradigm, pairwise comparisons were performed based on Student's t statistics and individual and group maps were obtained with a significance level of $p < 0.001$. All obtained statistical maps were applied to a template T-1 image and anatomical binding of "active" voxels to the CONN atlas was performed.

Results. A study of the lateral organization of the brain of the subjects showed that among 20 men, “right-handers” predominate (18 people), there are “left-handers” (2 people) and there are no “ambidexters”. Among the 20 women, “right-handers” also predominate (17 people), there is a “left-hander” and 2 “ambidexters”. It has been established that observation of the measurement of an interval of 0.8 s is accompanied in women by activation of the precentral gyrus, right and left, lateral occipital cortex, right and left, supplementary motor cortex, right and left, superior frontal gyrus, right and left, middle temporal gyrus, right and left. on the left, paracingular gyrus, right and left, postcentral gyrus, right and left, as well as other areas of the cortex and some areas of the cerebellum. Gender differences manifested themselves in the fact that in women, when observing the measurement of an interval of 0.8 s, a larger number of “interested” brain structures are activated, and they are activated more strongly. Measuring the same time interval with the right or left hand is accompanied in men and women by activation of partly the same brain structures that are activated when observing the measurement of the same time interval, but they are activated much more strongly. Measuring a time interval with the left hand is accompanied by stronger activation of “interested” brain structures.

Conclusion. The results obtained indicate that observation of the measurement of a short time interval is accompanied in men and women by activation of not only those cortical areas where “motor” mirror neurons are located, but also other cortical areas, as well as the cerebellum. These findings suggest that “motor” mirror neurons alone do not provide insight into actions and intentions. These neurons are thought to mediate interactions between the prefrontal cortex, sensory and motor cortices, and the storage sites for motor programs in the brain. The result of the interaction of these structures, apparently, is the understanding of the actions and intentions of other people.

Keywords: mirror neurons, observation and measurement of a short time interval, interpretation of actions and intentions.

References

1. Lebedeva N. N., Zufman A. I., Mal'tsev V. YU. Sistema zerkal'nykh neuronov mozga: klyuch k obucheniyu, formirovaniyu, lichnosti i ponimaniyu chuzhogo soznaniya, *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, **48** (4), 16 (2017).
2. Skoyles J. R. Gesture Language Origins and Right Handedness, *Psychology*, **11**, 24 (2000).
3. Schippers M. B., Roebroek A., Renken R., Nanetti L., Keysers C. Mapping the information flow from one brain to another during gestural communication, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **107** (20), 9388 (2010).
4. Hickok G. Eight problems for the mirror neuron theory of action understanding in monkeys and humans. *Journal of cognitive neuroscience*, **21**(7), 1229 (2009).
5. Kosonogov V. Why the mirror neurons cannot support action understanding, *Neurophysiology*, **44** (6), 499 (2012).
6. Churchland P. S. *Braintrust: What neuroscience tells us about morality*, 288 p. (Princeton: Princeton University Press, 2011).
7. Rizzolatti J., Sinigaglia K. *Mirrors in the brain: On the mechanisms of joint action and empathy*, 208 p. (M.: Languages of Slavic cultures, 2012).
8. Bushov YU. V., Ushakov V. L., Svetlik M. V., Kartashov S. I., Orlov V. A. Rol' zerkal'nykh neuronov v interpretatsii deistvii i namerenii, *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, **56**, 86 (2021).

9. Lebedeva N. N., Karimova E. D., Karpychev V. V., Mal'tsev V. YU. Zerkal'naya sistema mozga pri nablyudenii, vypolnenii i predstavlenii motornykh zadach – neirofiziologicheskoe otrazhenie vospriyatiya chuzhogo soznaniya, *Zhurnal vysshei nervnoi deyatel'nosti im. I. P. Pavlova*, **68(2)**, 204 (2018).
10. Mukamel R., Ekstrom A. D., Kaplan J., Iacononi M., Fried I. Single-Neuron Responses in Humans during Execution and Observation of Actions, *Curr Biol.*, **20**, 750 (2010).
11. Bazyan A. S. Zerkal'nye neirony, fiziologicheskaya rol', osobennosti funktsionirovaniya i ehmtsional'no nasyschennaya karta mozga, *Uspexi fiziologicheskikh nauk*, **50(2)**, 42 (2019).
12. Ignatova YU. P., Makarova I. I., Zenina O. YU., Aksenova A. V. Sovremennye aspekty izucheniya funktsional'noi mezhpolusharnoi asimmetrii mozga (obzor literatury), *Ehkologiya cheloveka*, **9**, 30 (2016).
13. Olonenko E. S., Kodochigova A. I., Kirichug V. F., Deeva M. A. Psikhofiziologicheskie aspekty gendernoi differentsiatsii, *Psikhosomaticheskoe i integrativnoye issledovaniya*, **2(1)**, 1 (2016).
14. Khorol'skaya E. N., Pogrebnyak T. A. Gendernye osobennosti funktsional'noi asimmetrii polusharii mozga i kanalov vospriyatiya uchebnoi informatsii u 14-15-letnikh podrostkov, *Nauchnyi rezul'tat. Fiziologiya*, **3 (1)**, 19 (2017).

УДК 631.42

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-45-58

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ «БЕЗЫМЯННОГО» РУЧЬЯ, ПРЕДГОРНЫЙ КРЫМ

*Дубас В. В.^{1,2,3}, Алексаикин И. В.^{2,3}, Калягина В. О.^{2,3}, Андреев Т. И.¹,
Хижняк Ю. С.²*

¹*Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь,
Российская Федерация*

²*Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН,
Феодосия, Российская Федерация*

³*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Российская Федерация
E-mail: victoriadubas.VD@gmail.com*

В малотрансформированных почвах долины «безымянного» ручья (Предгорный Крым) с использованием метода элементного CHNS-анализа определено содержание общего углерода и азота, рассчитаны значения показателя молярного отношения углерод/азот (далее – C/N), характеризующего уровень обеспеченности почв данными химическими элементами. Определены основные типы почв, характерные для района исследования, произведен отбор почвенного материала и его анализ. Величина C/N варьирует в зависимости от горизонта в среднем достигая 12,7 моль, при этом максимальное значение фиксируется в 16,9 моль, а минимальное равно 6,75 моль. Наибольшие значения для углерода фиксируются в горизонте C_{sa}, а наименьшие в верхних гумусовых горизонтах. Для азота складывается полностью противоположная ситуация: наименьшие значения фиксируются в подстиляющих почвы горизонтах, а наибольшие в гумусовых горизонтах. Определено, что такое распределение элементов помимо природных процессов разложения органических веществ, может быть связано с миграционными процессами азота с близлежащих сельхозугодий, подвергавшихся внесению органических удобрений и повышенной карбонатностью почв в отношении углерода.

Ключевые слова: органическое вещество, азот, углерод, почвы, соотношение C/N.

ВВЕДЕНИЕ

Плодородие почв, как известно, является ее важнейшим свойством. Оно во многом определяется запасами органического вещества, представляющего собой материальное выражение понятия биокосность почвы, выведенного в начале XX века В. И. Вернадским. Глобальный цикл углерода [1] при этом зависит от плодородия почв, их буферности, эрозионной устойчивости и ряда других параметров. Как установлено, в результате глобального круговорота углерода почва способна как терять, так и накапливать органическое вещество. Потерю органического углерода часто связывают с деградацией структуры гумусовых горизонтов, в первую очередь с разрушением макроагрегатов [2], а его накопление напротив связывают с процессами восстановления структуры, например, для

агроземов при смене технологии обработки или типа землепользования на более щадящие [3]. Для оценки скорости накопления органического вещества достаточно часто используют данные о содержании двух наиболее важных элементов – углерода и азота. А одним из показателей, отражающих специфику органического вещества почв, является молярное отношение C/N.

Значительно возросшая антропогенная нагрузка на педосферу неуклонно приводит к нарушению основной функции почв – плодородия. Территория долины «безымянного» ручья Предгорья Крыма активно эксплуатируется в сельском хозяйстве. Около 90 % площади распаханно и используется в полевых севооборотах, а наименее развитые, значительно щебнисто-каменистые почвы заняты под многолетними посадками лаванды узколистной (*Lavandula angustifolia*). Рельеф рассматриваемой территории сильно волнисто-холмистый с общим уклоном на северо-восток. Перепады высот находятся в пределах от 95 м до 415 м над уровнем моря.

Цель работы – установление закономерностей распределения содержания общего углерода и азота в почвах долины «безымянного» ручья, берущего свое начало в пределах северного Предгорья Крыма и теряющегося в степном Крыму.

В последние годы активно проводятся исследования циклов углерода и азота в почвах, характерных для экосистем Крайнего севера России [4–7], множество работ посвящено Арктической части Евразии [8–13]. Все чаще появляются работы по аналогичным исследованиям почв Сибири [14, 15], Поволжья [16], Центрального Черноземья [3], Центрального Предкавказья [17]. Сведения об исследованиях содержания углерода и азота в почвах Крыма представлены в [18–21] и др.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория исследования располагается в пределах двух природных зон Крымского полуострова: предгорной на юге, плавно переходящей в степную на севере. Рассматриваемая местность сильно волнисто-холмистая, пересеченная с общим уклоном на северо-восток. Поверхность изрезана балками, самая крупная из которых является долиной «безымянного» ручья. Для нее характерна значительная ширина на юге, создающая вид лощины и сужение на севере. Протяженность долины по прямой составляет более 15 км. На западе и востоке долину закрывают каменистые гряды с крутыми склонами южного направления. Абсолютные высоты колеблются в пределах от 95 м над уровнем моря на севере долины до 415 м над уровнем моря в южной ее части (Высшая точка г. Орта-Тау) (рис. 1).

В климатическом отношении этот район очень теплый, с мягкой зимой, менее засушливый, чем степной. Самые теплые месяцы июль–август со средним диапазоном температур 20,6–21,4 °С, а самые холодные месяцы январь–февраль с температурой воздуха -0,8–(-1,4) °С. Почва промерзает на глубину не более 40 см, а в отдельные наиболее холодные годы до 60 см.

Выходы на поверхность грунтовых вод отмечаются в районе заложения почвенных разрезов 3 и 4 (рис. 1). Максимальная протяженность «безымянного» ручья достигает 3 км в весенний период и может полностью пересыхать в остальные сезоны.

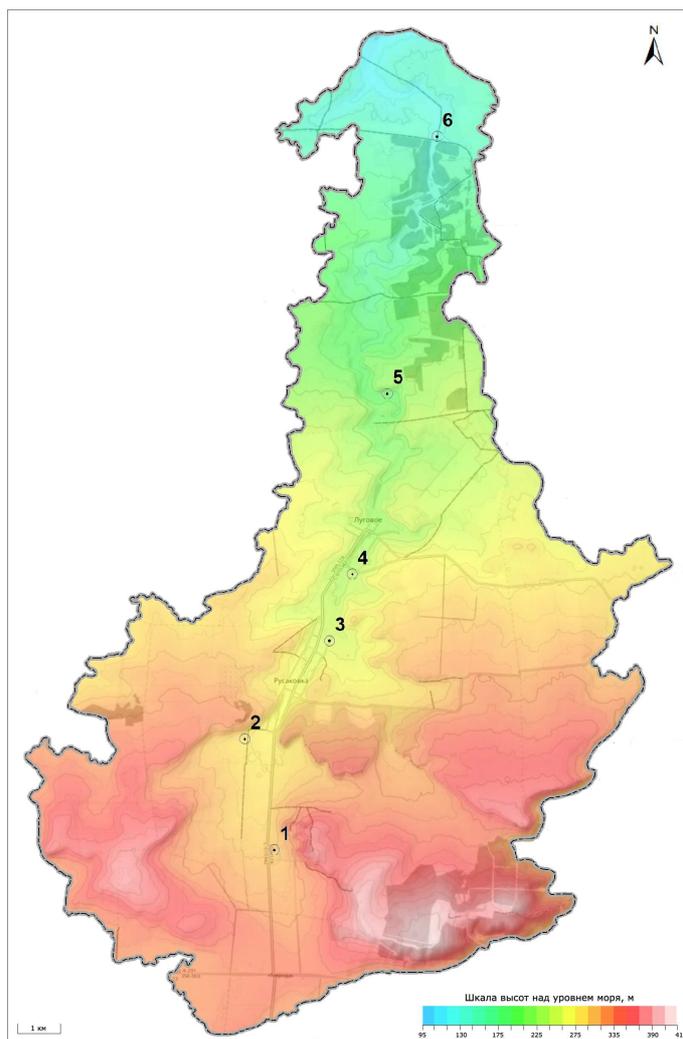


Рис. 1. Схема рельефа долины «безымянного» ручья (Предгорный Крым) с указанием мест заложения почвенных профилей.

На естественных выгонах наиболее часто отмечаются около 20 видов растений из 7 семейств, доминирующую позицию при этом занимают злаковые, зонтичные и сложноцветные. В каждом из семейств можно выделить таких представителей как шалфей луговой (*Salvia pratensis*), шандра ранняя (*Marrubium praecox*), зопник колючий (*Phlomis tuberosa*), полынь австрийская (*Artemisia austriaca*), цмин песчаный (*Helichrysum arenarium*), тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea*), лапчатка неблестящая (*Potentilla impolita*), житняк гребневидный (*Agropyron cristatum*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), коровяк обыкновенный (*Verbascum thapsus*), молочай лозный (*Euphorbia virgata*) и другие. Исследуемая территория входит в ареал распространения редких растений, включенных в Красную Книгу

Крыма [22]. К таким растениям можно отнести ковыль волосатик (*Stipa capillata*), солодку гладкую (*Glycyrrhiza glabra*), горицвет весенний (*Adonis vernālis*), пион тонколистный (*Paeonia tenuifolia*) и другие.

Диагностика и классификация почв проводились согласно сложившимся к настоящему времени представлениям [23, 24].

Отбор проб почвенного материала производился из каждого выделенного горизонта, посредством образования смешанной пробы в пределах каждого горизонта общей массой 100 г. Пробоподготовка образцов включала в себя высушивание почвенного материала в атмосфере воздуха при комнатной температуре в течении 7 дней и дальнейшее его измельчение путем перетирания в агатовой ступке.

Содержание углерода и азота в образцах почв устанавливали с помощью элементного CHNS-анализатора Vector EuroEA-3000. Диапазон определения массовой доли элемента составляет 0,001–100 %, а относительная ошибка находится в пределах 0,1 %. Молярное отношение C/N рассчитывали по данным элементного анализа для входящих в состав образцов углерода и азота.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам полевого обследования, выделены следующие разновидности почв:

– 1 – Чернозем миграционно-мицелярный тяжелосуглинистый слабощебнисто-каменистый остаточно-карбонатный на древнем глинистом делювии. Формула: AUlc-BCAmc-Cca. Название почвы соответствует разрезу 1;

– 2 – Чернозем текстурно-карбонатный легкоглинистый с пятнами слабосмытых слабощебнисто-каменистых разновидностей остаточно-карбонатный на древнем глинисто-щебнистом делювии, подстилаемом плотным известняком с глубины 50–100 см. Формула: AU-CAT-Cca-R. Название почвы соответствует разрезу 2 и 3;

– 3 – Черноземовидная глеевая почва на иловатой глине. Формула: AUhi- V -G-SG. Название почвы соответствует разрезу 4;

– 4 – Абраземы аккумулятивно-карбонатные щебнисто-каменистые средне- и сильносмытые (с выходами пород до 50 %) на элювии известняка, подстилаемом плотным известняком с глубины 40 см. Формула: BSA-Cca-R. Название почвы соответствует разрезу 5 и 6.

Все почвы высококарбонатные, от 10 % HCl наблюдается вскипание с поверхности. Продукты выветривания осадочных пород (самые молодые по геологическому возрасту в Предгорном Крыму являются глины, песчаники, известняки) выступают в качестве почвообразующих пород, на которых и сформировались почвы долины «безымянного» ручья. На плотных породах почвообразовательный процесс протекает слабо и проникает не глубоко, поэтому почвы на таких породах с укороченным профилем (разрезы 5 и 6).

Количественное распределение углерода и азота в рассматриваемых почвах приведено в табл. 1. Самые высокие показатели фиксируются в разрезах 2, 3 и 5, 6 под черноземными и абраземными почвами соответственно. Количество гумуса в

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ...

гумусовых горизонтах варьирует в пределах от 2,7 % до 7,9 %. На глубине более 50–60 см его содержание резко падает и находится в пределах от 1,1 % до 2,4 %.

Таблица 1
Количественные показатели содержания углерода и азота в почвах долины
«безымянного» ручья (Предгорный Крым)

Номер разреза	Горизонт	Глубина, см	рН	Массовая доля ω , масс. %		С/N, Моль
				Собщ.	Нобщ.	
Чернозем миграционно-мицелярный тяжелосуглинистый слабощебнисто-каменистый остаточно-карбонатный на древнем глинистом делювии						
1	AUlc	0-50	7,6	6,62	0,64	12,1
	BCAmc	50-75	7,6	6,4	0,58	12,9
	Cca	75>	8,1	5,68	0,53	12,5
Чернозем текстурно-карбонатный легкоглинистый с пятнами слабосмытых слабощебнисто-каменистых разновидностей остаточно-карбонатный на древнем глинисто-щебнистом делювии, подстилаемом плотным известняком с глубины 50-100 см						
2	AU	0-52	7,8	6,9	0,84	9,6
	CAT	52-78	7,6	6,91	0,76	10,6
	Cca	78>	8,0	6,28	0,49	14,9
3	AU	0-48	7,6	4,4	0,76	6,7
	CAT	48-76	7,8	6,1	0,64	11,1
	Cca	76>	8,1	8,76	0,64	16,0
Черноземовидная глеевая почва на иловатой глине						
4	AUhi	0-52	7,7	6,2	0,51	14,2
	V	52-74	7,6	4,6	0,5	10,7
	G	74-110	7,4	7,31	0,68	12,5
	CG	110>	7,9	11,56	0,92	14,7
Абраземы аккумулятивно-карбонатные щебнисто-каменистые средне- и сильносмытые (с выходами пород до 50 %) на элювии известняка, подстилаемом плотным известняком с глубины 40 см						
5	BCA	0-40	8,1	13,2	0,91	16,9
	Cca	40>	8,5	9,6	0,76	14,7
6	BCA	0-42	7,9	8,4	0,81	12,1
	Cca	42>	8,3	6,76	0,68	11,6

Среднее содержание углерода в черноземе миграционно-мицелярном тяжелосуглинистый слабощебнисто-каменистый остаточно-карбонатный на древнем глинистом делювии (разрез 1) составляет 0,51 моль, при этом максимальное значение 0,55 моль отмечается в горизонте AU, а минимальное значение 0,47 моль характерно для горизонта Cca. Среднее содержание азота в

данной почве составляет 0,04 моль, при этом максимальное значение 0,05 моль отмечается в горизонте AU, а минимальное значение 0,04 моль характерно для горизонта Cca. Значение отношения C/N находится в пределах 12,0–13,0 моль. Характеристика распределения углерода и азота визуально имеет следующий вид: рис. 2.

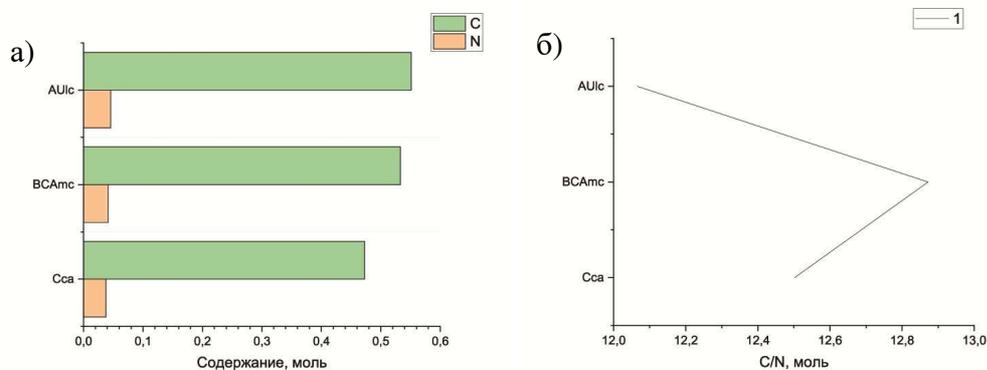


Рис. 2. Содержание углерода и азота (а) и отношения C/N (б) в черноземе миграционно-мицелярном тяжелосуглинистый слабощебнисто-каменистый остаточно-карбонатный на древнем глинистом делювии

Характеристика чернозема текстурно-карбонатного легкоглинистого с пятнами слабосмытых слабощебнисто-каменистых разновидностей остаточно-карбонатного на древнем глинисто-щебнистом делювии, подстилаемом плотным известняком с глубины 50–100 см в зависимости от рассматриваемого разреза, имеет отличия по содержанию углерода, в то время как содержание азота практически аналогичное. Среднее содержание углерода (разрез 2) составляет 0,56 моль, при этом максимальное значение 0,58 моль отмечается в горизонте CAT, а минимальное значение 0,52 моль характерно для горизонта Cca. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,05 моль, при этом максимальное значение 0,06 моль отмечается в горизонте AU, а минимальное значение 0,03 моль характерно для горизонта Cca. Значение отношения C/N находится в пределах 9,0–15,0 моль. Для разреза 3, среднее содержание углерода составляет 0,53 моль, при этом в отличие от разреза 2, максимальное значение 0,73 моль отмечается в горизонте Cca, а минимальное значение 0,37 моль характерно для горизонта AU. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,05 моль, при этом максимальное значение 0,05 моль отмечается в горизонте AU, а одинаково минимальное значение 0,04 моль характерно для горизонтов CAT и Cca. Значение отношения C/N находится в пределах 6,0–15,0 моль. Характеристика распределения углерода и азота визуально имеет следующий вид: рис. 3.

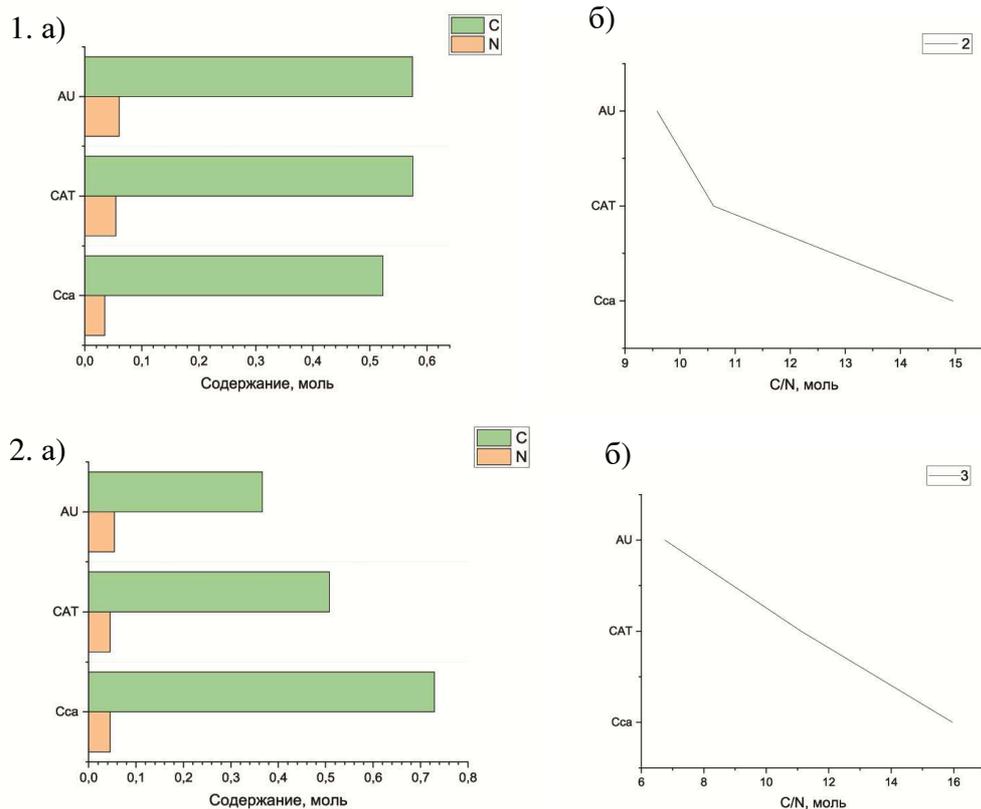


Рис. 3. Содержание углерода и азота (а) и отношения C/N (б) в черноземе текстурно-карбонатном легкоглинистом с пятнами слабосмытых слабощебнисто-каменистых разновидностей остаточно-карбонатном на древнем глинисто-щебнистом делювии, подстилаемом плотным известняком с глубины 50–100 см: (1) – разрез 2, (2) – разрез 3

В черноземовидной глееватой почве на иловатой глине (разрез 4) среднее содержание углерода составляет 0,62 моль, при этом максимальное значение 0,96 моль отмечается в горизонте Csa, а минимальное значение 0,38 моль характерно для горизонта V. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,05 моль, при этом максимальное значение 0,07 моль также отмечается в горизонте Csa, а минимальное значение 0,03 моль характерно для горизонта V. Значение отношения C/N находится в пределах 10,0–15,0 моль. Характеристика распределения углерода и азота визуально имеет следующий вид: рис. 4.

Как можно заметить, распределение полученных значений содержания углерода и азота является противоположным по отношению к характеристикам, отмеченным ранее для чернозема миграционно-мицелярного тяжелосуглинистого слабощебнисто-каменистого остаточно-карбонатного на древнем глинистом делювии.

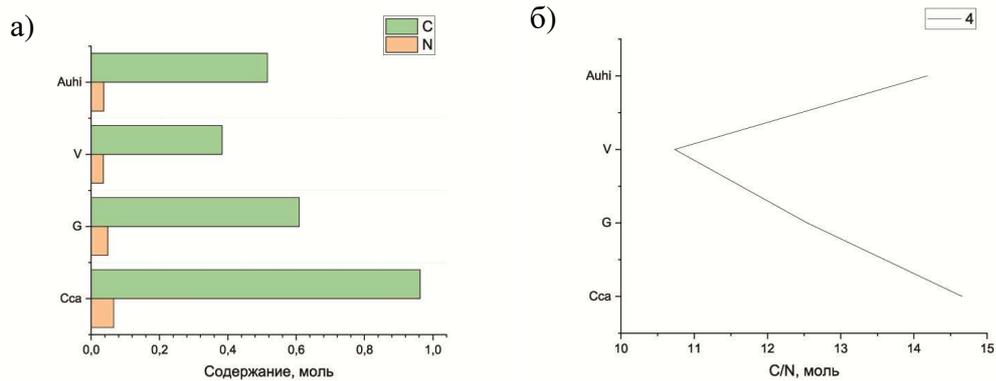


Рис. 4. Содержание углерода и азота (а) и отношения C/N (б) в черноземовидной глееватой почве на иловатой глине

Характеристика абраземов аккумулятивно-карбонатных щебнисто-каменистых средне- и сильносмытых (с выходами пород до 50 %) на элювии известняка, подстилаемом плотным известняком с глубины 40 см в зависимости от рассматриваемого разреза, практически аналогичное друг другу. Среднее содержание углерода (разрез 5) составляет 0,95 моль, при этом максимальное значение 1,1 моль отмечается в горизонте ВСА, а минимальное значение 0,8 моль характерно для горизонта Сса. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,06 моль, при этом максимальное значение 0,06 моль отмечается в горизонте ВСА, а минимальное значение 0,05 моль характерно для горизонта Сса. Значение отношения C/N находится в пределах 14,0–16,0 моль и визуально имеет монотонно убывающую с глубиной кривую. В отличие от разреза 5 для разреза 6, характерны несколько меньшие значения. Так, среднее содержание углерода составляет 0,63 моль, при этом максимальное значение 0,7 моль отмечается в горизонте ВСА, а минимальное значение 0,6 моль характерно для горизонта Сса. Среднее содержание азота в пределах данного разреза составляет 0,05 моль, при этом максимальное значение 0,06 моль отмечается в горизонте ВСА, а минимальное значение 0,05 моль характерно для горизонта Сса. Значение отношения C/N находится в пределах 11,0–12,5 моль. Характеристика распределения углерода и азота визуально имеет следующий вид: рис. 5. Как можно заметить, оба разреза имеют тенденцию к общему снижению показателей в зависимости от глубины.

В работах, посвященных изучению и анализу почв на предмет содержания углерода и азота [14, 15, 25, 26] установлено, что отношение C/N является показателем в первую очередь, характеризующим обеспеченность почв азотом и доступность органического вещества для растений. При этом, на доступность азота влияет также скорость минерализации азотсодержащего органического вещества почвы и растительных остатков, а форма азота доступного растениям и микроорганизмам может варьироваться от минеральных до различных органических соединений. Как известно, для большинства гумусовых горизонтов почв характерна величина C/N, равная 8–10 [27], что отвечает высокой и средней

обеспеченности гумуса азотом. Очень высокое отношение (18–20) свойственно бедным азотом грубогумусным горизонтам почв. Низкое значение C/N (2–3) характерно для очень бедных гумусом горизонтов [27].

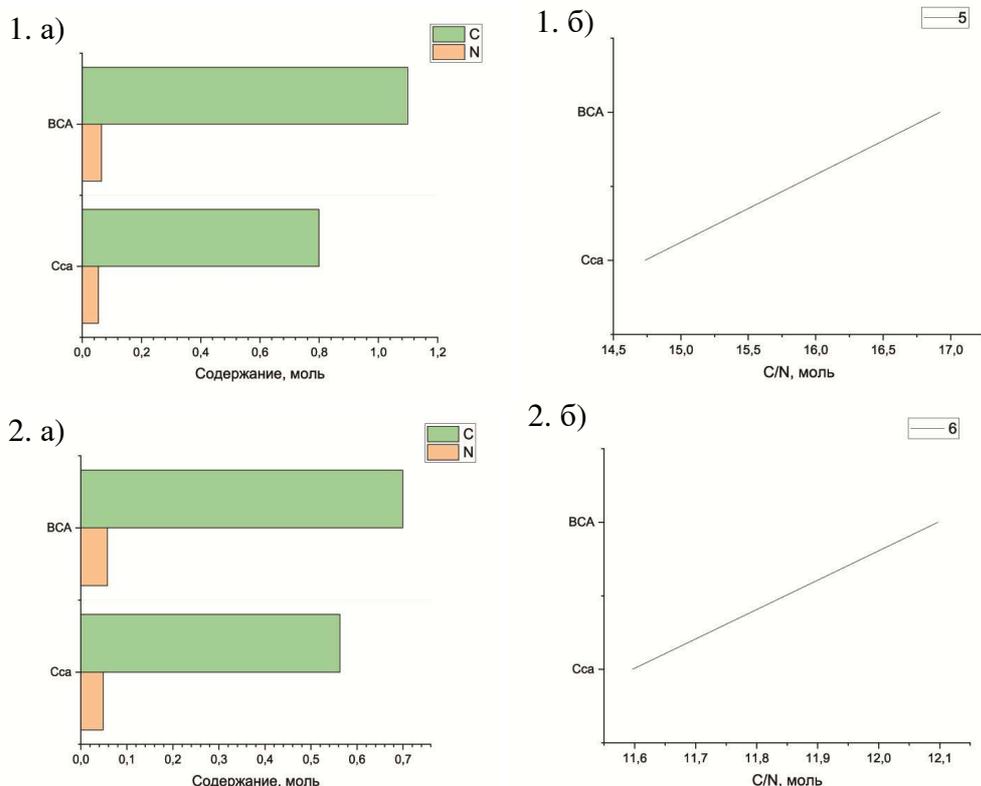


Рис. 5. Содержание углерода и азота (а) и отношения C/N (б) в абраземе аккумулятивно-карбонатном щебнисто-каменистом средне- и сильносмытом (с выходами пород до 50 %) на элювии известняка, подстилаемом плотным известняком с глубины 40 см: (1) – разрез 5, (2) – разрез 6.

Для почв долины «безымянного» ручья Предгорного Крыма характерно содержание в среднем по разрезам 0,63 моля для углерода и 0,05 моля для азота. Среднее значение отношения C/N для рассматриваемых почв составляет 12,7 моля. Для гумусовых горизонтов среднее значение C/N составляет 10,5 моля, что свидетельствует о среднем уровне обеспеченности почв азотом. Очевидно, что среднее содержание углерода и, как следствие среднее значение C/N, в рассматриваемых почвах является результатом не столько интенсивного разложения органики, а скорее результатом высокого содержания карбонатов кальция (практически все рассматриваемые почвы вскипают от 10 % HCl с поверхности увеличивая интенсивность по мере приближения к подстилающей материнской породе – уровень pH от 7,6 до 8,5). Кроме того, разрезы 1, 2 и 4

заложены в значительном приближении к сельскохозяйственным угодьям, подвергавшимся в отдельные годы внесению органических (в т.ч. азотных) удобрений, что может объяснить несколько повышенные на общем фоне остаточные концентрации азота в верхних гумусовых горизонтах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе изучены и определены основные типы почв, распространенные по долине «безымянного» ручья (Предгорный Крым). В ходе полевых исследований определены их основные морфогенетические характеристики по заложенным почвенным разрезам. Содержание углерода и азота для малотрансформированных участков почвенного покрова за последние двадцать лет определялось впервые, а сведения об установлении отношений C/N и вовсе не обнаружены в литературных источниках.

По содержанию углерода и азота, а также их соотношению в почвах «безымянного» ручья определено, что величина C/N варьирует в зависимости от горизонта в среднем достигая 12,7 моль, при этом максимальное значение фиксируется в 16,9 моль, а минимальное равно 6,75 моль. Наибольшие значения для углерода фиксируются в горизонте C_{ca}, а наименьшие в верхних гумусовых горизонтах. Для азота наибольшие показатели, наоборот, характерны для верхних гумусовых горизонтов, в то время как наименьшие значения фиксируются в материнской и подстилающей породе.

Несколько повышенные уровни содержания азота в верхних горизонтах отдельных почв могут объясняться остаточными концентрациями внесенных органических удобрений в близлежащие сельхозугодья. Увеличение концентраций углерода с глубиной объясняется повышенной карбонатностью почв.

Работа выполнена в рамках темы № 1023110900165-3-1.5.10;1.6.19; 1.6.23 «Мониторинг климатически активных веществ в наземных экосистемах Республики Крым в условиях изменения климата и антропогенного воздействия с применением дистанционных методов исследований».

Список литературы

1. Jobaggy E. G. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation / Jobaggy E. G., Jackson R. B. // Ecol. Appl. – 2000. – № 10. – P. 423–436.
2. Bailey V. L. What do we know about soil carbon destabilization? / Bailey V. L., Pries C. H., Lajtha K. // Environ. Res. Lett. – 2019. – V. 14(8). – P. 083004.
3. Холодов В. А. Содержание органического углерода и азота в размерных фракциях агрегатов типичных черноземов / В. А. Холодов, Н. В. Ярославцева, М. А. Яшин [и др.] // Почвоведение. – 2021. – № 3. – С. 320–326.
4. Kuhry P. Fossil carbon/nitrogen ratios as a measure of peat decomposition / Kuhry P., Vitt D. H. // Ecology. – 1996. – V. 77, № 1. – P. 271–275.
5. Andersson R. A. Elemental and isotopic carbon and nitrogen records of organic matter accumulation in a Holocene permafrost peat sequence in the East European Russian Arctic / Andersson R. A., Meyers P., Hornibrook E., Kuhry P., Mörth C.-M. // J. Quaternary Science. – 2012. – V. 27, № 6. – P. 545–552.

6. Каверин Д. А. Структура и свойства почв многолетнемерзлых торфяников юго-востока Большеземельской тундры / Д. А. Каверин, А. В. Пастухов, Е. М. Лаптева, [и др.] // Почвоведение. – 2016. – № 5. – С. 542–556.
7. Пастухов А. В. Маркеры трансформации органического вещества в мерзлотных бугристых болотах на европейском Северо-Востоке / А. В. Пастухов, К. Кноблаух, Е. В. Яковлева, Д. А. Каверин // Почвоведение. – 2018. – № 1. – С. 49–62.
8. Kokfelt U. Wetland development, permafrost history and nutrient cycling inferred from late Holocene peat and lake sediment records in subarctic Sweden / U. Kokfelt, N. Reuss, E. Struyf, M. Sonesson, M. Rundgren, G. Skog, P. Rosen, D. Hammarlund // J. Paleolimnol. – 2010. – V. 44. – P. 327–342.
9. Hodgkinsa S. B. Changes in Arctic peat chemistry boost CH₄ release / S. B. Hodgkinsa, M. M. Tfaily, C. K. McCalley, T. A. Logan, P. M. Crill, S. R. Saleska, V. I. Rich, J. P. Chanton // Proc. of the National Academy of Sciences. – 2014. – V. 111, № 16. – P. 5819–5824.
10. Szymański W. Chemistry and spectroscopic properties of surface horizons of Arctic soils under different types of tundra vegetation – A case study from the Fuglebergsletta coastal plain (SW Spitsbergen) / Szymański W. // Catena. – 2017. – V. 156. – P. 325–337.
11. Zmudczyńska-Skarbek K. Following the flow of ornithogenic nutrients through the Arctic marine coastal food webs / K. Zmudczyńska-Skarbek, P. Balazy // J. Marine Systems. – 2017. – V. 168. – P. 31–37.
12. Zaborska A. Sedimentary organic matter sources, benthic consumption and burial in west Spitsbergen fjords – Signs of maturing of Arctic fjordic systems? / A. Zaborska, M. Włodarska-Kowalczyk, J. Legeżyńska, E. Jankowska, A. Winogradow, K. Deja // J. Marine Systems. – 2018. – V. 180. – P. 112–123.
13. Шамрикова, Е. В. Распределение углерода и азота в почвенном покрове прибрежной территории Баренцева моря (Хайпудырская губа) / Е. В. Шамрикова, С. В. Денева, О. С. Кубик // Почвоведение. – 2019. – № 5. – С. 558–569.
14. Васильчук А. К. Соотношение содержания углерода и азота в почвах литальза-ландшафтов в долине р. Сенца, Восточный Саян / А. К. Васильчук, Д. Ю. Васильчук, Н. А. Буданцева, Ю. К. Васильчук, Е. В. Терская, П. П. Кречетов, Л. Б. Блудушкина // Арктика и Антарктика. – 2020. – № 1.
15. Васильчук А. К. Соотношение содержания углерода и азота в позднеплейстоценовых повторно-жильных льдах и современных почвах в районе Батагайского мегаоврага, север Якутии / А. К. Васильчук, Ю. К. Васильчук, Н. А. Буданцева, Д. Ю. Васильчук, А. П. Гинзбург, Л. Б. Блудушкина, Е. С. Слышкина // Арктика и Антарктика. – 2022. – № 2. – С. 66–81.
16. Сайфуллина Л. Б. Изменение содержания общего углерода и азота в черноземе южном при длительном применении удобрений в Поволжье / Л. Б. Сайфуллина, М. П. Чуб, В. В. Пронько, Т. М. Ярошенко, Н. Ф. Климова, Д. Ю. Журавлев // Плодородие. – 2016. – № 4 (91). – С. 19–23.
17. Шаповалова Н. Н. Изменение общих запасов углерода и азота в черноземе обыкновенном под влиянием длительного применения и последствия минеральных удобрений / Н. Н. Шаповалова, Е. И. Годунова // Плодородие. – 2020. – № 5 (116). – С. 29–33.
18. Костенко И. В. Характеристика гуминовых кислот горно-луговых и буроземных почв Крыма методом ¹³C-ЯМР / И. В. Костенко, Е. В. Абакумов // Почвоведение. – 2018. – № 12. – С. 1446–1454.
19. Кольцов С. А. Трансформация плодородия солонцовых почв крымского Присивашья под влиянием рисосеяния и оптимизация его параметров: Монография / С. А. Кольцов, А. А. Титков. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2019. – 420 с.
20. Клименко О. Е. Влияние интродуцированных древесных растений на свойства черноземов сегрегационных Крыма / О. Е. Клименко, Н. И. Клименко, Ю. В. Плугатарь // Лесоведение. – 2022. – № 4. – С. 381–394.
21. Славинская А. В. Сезонная динамика выделения углекислого газа («дыхание почв») в Предгорной зоне Крыма / А. В. Славинская, В. Г. Кобечинская, А. В. Ивашов, М. В. Гритчин // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2022. – Т. 8, № 1. – С. 177–187.
22. 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.
23. Полевой определитель почв России. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. – 182 с.

24. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография / под. ред. А.Л. Иванова, С.А. Шоба. – М.: Почвенный ин-т им В. В. Докучаева, 2014. – 768 с.
25. Wieder R. K. Primary Production in Boreal Peatlands // In: Wieder R. K., Vitt D. H. (eds) Boreal Peatland Ecosystems. Ecological Studies. – vol 188. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
26. Chapin F. S. Carbon Inputs to Ecosystems In: Principles of Terrestrial Ecosystem / F. S. Chapin III, P. A. Matson, P. M. Vitousek // Ecology. – 2011.
27. Орлов Д. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, М. С. Розанова // Почвоведение. – № 8. – 2004. – С. 918–926.

CARBON AND NITROGEN CONTENT IN SOILS OF THE “NAMELESS” STREAM VALLEY, PIDMOUNTARY CRIMEA

Dubas V. V.^{1,2,3}, Aleksashkin I. V.^{2,3}, Kalyagina V. O.^{2,3}, Andreenko T. I.¹, Khizhnyak Yu. S.²

¹*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol', Russian Federation
E-mail: victoriadubas.VD@gmail.com*

²*T. I. Vyazemsky Karadag Scientific Station – Nature Reserve of RAS – Branch of A. O. Kovalevsky
Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Feodosia, Russian Federation*

³*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: aligor@rambler.ru*

In the slightly transformed soils of the valley of the “nameless” stream (Piedmont Crimea), using the CHNS elemental analysis method, the content of total carbon and nitrogen was determined, and the values of the molar C/N ratio, which characterizes the level of soil supply with these chemical elements, were calculated. Four main soil types for the study area have been identified. That’s migratory-mycelial, heavy loamy, weakly rubbly-stony, residual-carbonate chernozem on ancient clayey colluvium (Formula: AUlc-BCAmc-Cca), Textured carbonate light clayey chernozem with spots of slightly washed away slightly rubbly-stony varieties, residual carbonate on ancient clay-crushed colluvium, underlain by dense limestone from a depth of 50–100 cm (Formula: AU-CAT-Cca-R), chernozem-like gley soil on silty clay (Formula: AUhi-V-G-CG) and accumulative-carbonate abrazems, rubble-stony, medium and heavily washed away (with rock outcrops up to 50 %) on limestone eluvium, underlain by dense limestone from a depth of 40 cm (Formula: BCA-Cca-R). From six established soil sections, soil material was selected and analyzed. The C/N value varies depending on the horizon, reaching an average of 12.7 mol, with the maximum value being 16.9 mol and the minimum being 6.75 mol. The highest values for carbon are recorded in the Cca horizon, and the lowest in the upper humus horizons. For nitrogen, the situation is completely opposite: the lowest values are recorded in the underlying soil horizons, and the highest in humus horizons. It has been determined that this distribution of elements, in addition to the natural processes of decomposition of organic matter, may be associated with migration processes of nitrogen from nearby farmlands that were subjected to the application of organic fertilizers and increased soil carbonate in relation to carbon.

Keywords: organic matter, nitrogen, carbon, soils, C/N ratio.

References

1. Jobaggy E. G., Jackson R. B. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecol. Appl.* **10**, 423 (2000).
2. Bailey V.L., Pries C.H., Lajtha K. What do we know about soil carbon destabilization? *Environ. Res.Lett.* **14(8)**, 083004. (2019).
3. Kholodov V. A., Yaroslavtseva N. V., Yashin M.A. [et al.]. Content of organic carbon and nitrogen in size fractions of aggregates of typical chernozems. *Soil Science.* **3**, 320 (2021).
4. Kuhry P., Vitt D. H. Fossil carbon/nitrogen ratios as a measure of peat decomposition. *Ecology.* **77 (1)**, 271 (1996).
5. Andersson R. A., Meyers P., Hornibrook E., Kuhry P., Mörth C.-M. Elemental and isotopic carbon and nitrogen records of organic matter accumulation in a Holocene permafrost peat sequence in the East European Russian Arctic. *J. Quaternary Science.* **27(6)**, 545 (2012).
6. Kaverin D. A., Pastukhov A. V., Lapteva E. M., [et al.] Structure and properties of soils in permafrost peatlands in the southeast of the Bolshezemelskaya tundra. *Soil Science.* **5**, 542 (2016).
7. Pastukhov A. V., Knoblauch K., Yakovleva E. V., Kaverin D. A. Markers of transformation of organic matter in frozen hummocky bogs in the European Northeast. *Soil science.* **1**, 49 (2018).
8. Kokfelt U., Reuss N., Struyf E., Sonesson M., Rundgren M., Skog G., Rosen P., Hammarlund D. Wetland development, permafrost history and nutrient cycling inferred from late Holocene peat and lake sediment records in subarctic Sweden. *J. Paleolimnol.* **44**, 327 (2004).
9. Hodgkinsa S. B., Tfaily M. M., McCalley C. K., Logan T. A., Crill P. M., Saleska S. R., Rich V. I., Chanton J. P. Changes in Arctic peat chemistry boost CH₄ release. *Proc. of the National Academy of Sciences.* **111(16)**, 5819 (2011).
10. Szymański W. Chemistry and spectroscopic properties of surface horizons of Arctic soils under different types of tundra vegetation – A case study from the Fuglebergsletta coastal plain (SW Spitsbergen). *Catena.* **156**, 325 (2017).
11. Zmudczyńska-Skarbek K., Balazy P. Following the flow of ornithogenic nutrients through the Arctic marine coastal food webs. *J. Marine Systems.* **168**, 31 (2017).
12. Zaborska A., Włodarska-Kowalczyk M., Legeżyńska J., Jankowska E., Winogradow A., Deja K. Sedimentary organic matter sources, benthic consumption and burial in west Spitsbergen fjords – Signs of maturing of Arctic fjordic systems? *J. Marine Systems.* **180**, 112 (2018).
13. Shamrikova E. V., Deneva S. V., Kubik O. S. Distribution of carbon and nitrogen in the soil cover of the coastal territory of the Barents Sea (Khaipudyr Bay). *Soil Science.* **5**, 558 (2019).
14. Vasilchuk A. K., Vasilchuk D. Yu., Budantseva N. A., Vasilchuk Yu. K., Terskaya E. V., Krechetov P. P., Bludushkina L. B. The ratio of carbon and nitrogen content in soils of lithalsa landscapes in the valley of the river. Senza, Eastern Sayan. *Arctic and Antarctic.* **1**. (2020).
15. Vasilchuk A. K., Vasilchuk Yu. K., Budantseva N. A., Vasilchuk D. Yu., Ginzburg A. P., Bludushkina L. B., Slyshkina E. S. The ratio of carbon and nitrogen content in late Pleistocene ice wedges and modern soils in the area of the Batagai megaravine, northern Yakutia. *Arctic and Antarctic.* **2**, 66 (2022).
16. Saifullina L. B., Chub M. P., Pronko V. V., Yaroshenko T. M., Klimova N. F., Zhuravlev D. Yu. Changes in the content of total carbon and nitrogen in southern chernozem with long-term use of fertilizers in the Volga region. *Fertility.* **4 (91)**, 19 (2016).
17. Shapovalova N. N., Godunova E. I. Changes in the total reserves of carbon and nitrogen in ordinary chernozem under the influence of long-term use and the aftereffect of mineral fertilizers. *Fertility.* **5 (116)**, 29 (2020).
18. Kostenko I. V., Abakumov E. V. Characteristics of humic acids in mountain meadow and brown earth soils of Crimea using the ¹³C-NMR method. *Soil Science.* **12**, 1446 (2018).
19. Koltsov S. A., Titkov A. A. *Transformation of the fertility of solonetz soils of the Crimean Sivash region under the influence of rice sowing and optimization of its parameters: Monograph.* p. 420 (Limited Liability Company "Publishing House Typography "Arial", Simferopol, 2019).
20. Klimenko O. E., Klimenko N. I., Plugatar Yu. V. Influence of introduced woody plants on the properties of segregated chernozems of Crimea. *Forestry.* **4**, 381 (2022).

21. Slavinskaya A. V., Kobechinskaya V. G., Ivashov A. V., Gritchkin M. V. Seasonal dynamics of carbon dioxide release ("soil respiration") in the Foothill zone of Crimea. *V.I. Vernadsky Scientific notes of the Crimean Federal University. Biology. Chemistry.* **8 (1)**, 177 (2022).
22. *Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungi.* p.480 (IT ARIAL LLC, Simferopol, 2015).
23. *Field determinant of Russian soils.* p. 182 (V.V. Dokuchaev Soil Inst., M., 2008)
24. *Unified State Register of Soil Resources of Russia. Version 1.0.* p. 768 (V. V. Dokuchaev Soil Inst., M., 2014)
25. Wieder R. K. *Primary Production in Boreal Peatlands.* In: Wieder, R.K., Vitt, D.H. (eds) *Boreal Peatland Ecosystems. Ecological Studies*, **188**. (Springer, Berlin, Heidelberg, 2006).
26. Chapin F. S., Matson P. A., Vitousek P. M. Carbon Inputs to Ecosystems In: *Principles of Terrestrial Ecosystem. Ecology.* (2011).
27. Orlov D. S., Biryukova O. N., Rozanova M. S. Additional indicators of the humus status of soils and their genetic horizons. *Soil science.* **8**, 918 (2004).

УДК 581.95 (470.61)

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-59-75

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ *PULMONARIA MOLLIS* WULF. EX HORNEM. В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ермолаева О. Ю., Матецкая А. Ю., Шмараева А. Н.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: oyermolaeva@sfedu.ru

Приведены описания трёх локальных популяций редкого вида *Pulmonaria mollis*, обнаруженных на территории Ростовской области в рамках проведения мониторинговых исследований по ведению региональной Красной книги. Проведён сравнительный анализ видового состава лесных сообществ, в которых найден вид. Все местонахождения медуницы мягкой относятся к ассоциации *Poo nemoralis–Quercetum roboris* Sokolova, Ermolaeva 2021, объединяющей мезо-ксерофитные дубовые леса. Приведены морфологические признаки возрастных состояний медуницы мягкой, произведена оценка онтогенетического спектра двух популяций, произрастающих в Усть-Донецком районе. Изученные популяции являются нормальными неполночленными, в них не отмечены растения на поздней генеративной и постгенеративной стадии развития. Вычисленные индексы возрастности (0,18 и 0,21) и эффективности (0,41 и 0,51) свидетельствуют о том, что обе популяции относятся к молодым и характеризуются левосторонним возрастным спектром. Наблюдения за найденными популяциями необходимо продолжать.

Ключевые слова: *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Hornem., Ростовская область, Красная книга, локальная популяция, онтогенез, возрастная структура.

ВВЕДЕНИЕ

После выхода 2-го издания Красной книги Ростовской области [1], далее – ККРО, были продолжены работы по её ведению. В рамках этой программы осуществляется мониторинг состояния популяций видов растений, включённых в ККРО, выявляются новые местонахождения охраняемых таксонов, проводится ботаническая инвентаризация особо охраняемых природных территорий (ООПТ), выявляются территории с высоким уровнем биологического разнообразия, которые могут быть включены в сеть ООПТ Ростовской обл.

В 2020 г. нами было выявлено 2 новых местонахождения редкого в Ростовской области вида *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Hornem. [2–4], в 2022 г. – еще одно в северной части области [5]. Эти находки представляют научный и природоохранный интерес, так как подтверждают произрастание вида в Ростовской области. Новые данные будут использованы при подготовке третьего издания ККРО.

Pulmonaria mollis Wulf. ex Hornem. [*P. mollissima* Kerner, *P. dacica* Simonk.] – (сем. Boraginaceae Juss. – Бурачниковые) – европейско-южносибирский

дизъюнктивный вид, имеющий в ККРО [1] категорию статуса редкости 4 как неопределённый по статусу вид в изолированном местонахождении. Ближайшее к Ростовской области место произрастания медуницы мягкой – Воронежская область, где вид известен из единственного местонахождения [6]. Однако наличие природоохранного статуса у таксона и даже сочетание с охраняемым статусом мест произрастания, не являются достаточным для сохранения исчезающих видов растений, т. к. внутривидовые процессы вносят постоянные изменения в состояние фитоценозов и произрастающих в них популяций. Главными угрозами для генофонда редких и исчезающих видов на сегодняшний день остаются антропогенная трансформация окружающей среды и фрагментация местообитаний, приводящая к уменьшению объема и численности популяций, с последующей их изоляцией [7].

Для эффективной организации охраны редких видов растений необходимо выяснение реального состояния локальных популяций. Исследование *Pulmonaria mollis* на популяционном уровне было начато в 2020 г. В результате описано флористическое окружение и возрастная структура ценопопуляции на ООПТ «Балка Власова» [4]. Выявлено, что основным угрожающим фактором остаётся антропогенный: высокодекоративные цветки медуницы уничтожаются при сборе на букеты, выкапываются с корневой системой, местообитания медуницы разрушаются при прокладке лесных дорог.

Цель данного исследования – провести геоботаническое изучение фитоценозов, в составе которых произрастает *Pulmonaria mollis*, определить её ценоценозную роль, установить численность, плотность и современную онтогенетическую структуру её популяций на территории Ростовской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены авторами в полевые сезоны 2020–2023 гг. Объектом исследования являются три ценопопуляции (ЦП) *Pulmonaria mollis*: две в Усть-Донецком районе и одна – в Миллеровском.

Pulmonaria mollis – многолетнее корневищное травянистое растение семейства *Viola*. Образует побеги до 40 см высотой. Корневище короткое, толстое, чёрно-бурого цвета. Надземная часть бархатистая на ощупь, густо покрыта короткими мягкими волосками (отсюда и видовое название), в верхней части побегов, а также на цветоножках и чашелистиках к ним примешиваются железистые. Стебель прямостоячий, в верхней части разветвлённый. Прикорневые листья крупные (до 50 см длиной), постепенно сужаются в черешок, образуют хорошо развитую прикорневую розетку. Стеблевые листья образуются на генеративных побегах. Они очерёдные, продолговато-яйцевидные, с полустеблеобъемлющим основанием и заострённой вершиной. Листовая пластинка эллиптическая, с заострённой верхушкой (Рис. 1).

Пятичленные спайнолепестные цветки собраны в цимбидные соцветия – завитки, которые образуют на концах вегетативных побегов щитковидную метёлку. Околоцветник двойной. Чашечка на треть рассечена на узкие треугольные доли. Венчик 14–20 мм, с длинной узкой трубкой и колокольчатым отгибом, в зеве с

пучками волосков. Окраска изменяется по мере старения цветков от розовой до синей или фиолетово-синей (Рис. 2). Плод ценокарпный дробный, состоит из 4 блестящих, короткопушистых, туповатых орешков с мясистым присемянником, 3,5–4 мм дл.



Рис. 1. Медуница мягкая на ООПТ «Балка Власова», 16.04.2022 г. [фото О. Ю. Ермолаевой].



Рис. 2. Соцветие медуницы мягкой, 16.04.2022 г. [фото А. Ю. Матецкой].

При описании популяций была использована методика регионального мониторинга занесенных в ККРО видов растений и грибов [8] с дополнениями и уточнениями, разработанными при ведении Красной книги. Геоботаническое исследование фитоценозов включало выявление флористического состава, проективного покрытия, встречаемости [9]. Численность и плотность особей вида устанавливались по общепринятым методикам [10, 11]. Обилие видов дано по шкале Друде: soc (socialis) – растения создают фон; cop3 (от copiosa – обильно) – очень обильно; cop2 – обильно; cop1 – весьма обильно; sp3 (sparsae) – рассеянно; sp2 – изредка; sp1 – редко; sol (solitariae) – единично; un (unicum) – встречается в единственном экземпляре, одиночно. На основе качественно-количественных морфологических признаков [12] производился подсчет особей разных возрастных состояний *Pulmonaria mollis* в ЦП 1 и ЦП 2. Для оценки онтогенетической структуры в ЦП закладывалось по 15 учётных площадей по 1 м² каждая в местах концентрации вида.

Геоботанические описания фитоценозов были проведены в летнее время. Онтогенетическая структура ЦП 1 и ЦП 2 изучалась в апреле (в период массового цветения медуницы), в это же время флористический состав ЦП был дополнен видами весенней флоры. Полученные возрастные спектры популяций анализировались по известным методикам [13, 14], производился расчет возрастности (Δ) и эффективной плотности популяций (ω) [15].

Номенклатура сосудистых растений стандартизирована по электронным базам «Catalogue of Life» [16] и «International Plant Name Index» [17], кроме того, в скобках приведены названия растений в соответствии с их указанием в ККРО.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Pulmonaria mollis распространена в лесной зоне и лесостепи в Средней и Восточной Европе, на Балканах, в Западной и Восточной Сибири, горах Кавказа и Средней Азии, Джунгарском Алатау, Северной Монголии; в России вид распространён в Западной, Средней и Восточной Сибири, на Урале, Северном Кавказе, в Европейской части – от Урала до Поволжья (от Пермской до Волгоградской обл.), западнее встречается изолированными островами в Воронежской, Липецкой и Ростовской областях. На территории последней вид очень редок. В европейской части ареала приурочен к светлым дубравам, кустарникам и мезофильным разнотравным степям, в сибирской – к березнякам, лиственничникам, суходольным лугам и луговым степям; принадлежит к бетулетальному ценоэлементу [18]. В области отмечен на днищах балок в байрачных лесах в составе упрощенных дубрав [3–5]. Местонахождение вида в Топилинской балке на северной границе Нижнекундрюченского песчаного массива, указанное во 2-м издании ККРО, в настоящее время не подтверждено: при обследовании этого леса в 2022 г. растения обнаружить не удалось. Выявленные в ходе исследований в 2020–2023 гг. местонахождения в Усть-Донецком р-не (хут. Крымский, балки Астахова и Крымская), а также в Миллеровском р-не (х. Донецкий лесхоз, балка Деркулева) являются новыми для Ростовской области (Рис. 3). Все находки подтверждены гербарными сборами [RV, RWBG].



Рис. 3. Распространение медуницы мягкой на территории Ростовской области.

Все местонахождения медуницы мягкой относятся к ассоциации *Poo nemoralis–Quercetum roboris* Sokolova, Ermolaeva 2021 (союз *Scutellario altissimae–Quercion roboris* Goncharenko et al. 2020, порядок *Quercetalia pubescenti-petraeae* Klika 1933, класс *Quercetea pubescentis* Doing-Kraft ex Scamoni et Passarge 1959). Ассоциация объединяет мезо-ксерофитные дубовые леса. Первый ярус слагает *Quercus robur* высотой до 14–16 м, реже с участием *Fraxinus excelsior* и *Acer campestre* высотой 14–18 м, *Tilia cordata* высотой до 18 м. Второй подъярус хорошо выражен; обычно его образуют *Acer campestre* и *Ulmus minor*, реже, в местообитаниях с наиболее влажными и богатыми почвами – *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Pyrus pyraeaster*, *Ulmus glabra*, *U. laevis*. Сомкнутость крон – от 55 до 90 %. Кустарниковый ярус хорошо развит и обычно состоит из *Crataegus rhipidophylla*, *Euonymus verrucosa*, *Ligustrum vulgare*, *Swida sanguinea*; на участках с наиболее сухими почвами – *Acer tataricum*, *Rhamnus cathartica*, реже – *Euonymus europaea*, *Sambucus nigra*. Сомкнутость яруса варьирует от 5 (в типичных сообществах) до 40–60 %. Облик кустарникового яруса создают *Euonymus verrucosa* и *Crataegus rhipidophylla*. Типологически эти дубравы можно отнести к снытевым, звездчатковым,

ландышевым и злаковым (с доминированием в травяном ярусе *Dactylis glomerata*, *Melica picta*, *Poa nemoralis*). Снытевые отмечаются только в нижних частях балок северной экспозиции, остальные – чаще на склонах южной и юго-западной экспозиции. Весной аспектируют эфемероиды: *Corydalis bulbosa*, *C. marschalliana*, *Gagea bulbifera*, *Scilla sibirica*, *Tulipa biebersteiniana* и др. В травяном ярусе отмечены многие регионально редкие виды у южных границ своих ареалов: *Anemone sylvestris*, *Asarum europaeum*, *Laser trilobum*, *Mercurialis perennis*, *Primula veris* и др. [19].

ЦП 1. Усть-Донецкий р-н, северо-западная окраина хут. Крымский (Крымское сельское поселение), байрачный лес, днище балки Астахова. Почвы: смытый южный чернозем с большим количеством опада. Растительность: Байрачный лес (упрощенная дубрава пестроперловниковая); ассоциация: *Quercus robur* + *Acer campestre* + *Melica picta*. Ярусность: Первый древесный ярус (А, до 20 м) состоит из *Quercus robur*, *Acer campestre*; второй древесный ярус (В, до 10 м) – из подроста этих же древесных пород (*Quercus robur* и *Acer campestre*), кустарниковый ярус (С, до 5–6 м) состоит из *Acer tataricum*, *Euonymus verrucosa*, *Euonymus europaeus*, *Ligustrum vulgare*; травянистый ярус (D, до 50 см) – из *Melica picta*, *Symphytum tauricum*, *Pulmonaria mollis* и др.

ЦП 2. Усть-Донецкий р-н, западная окраина хут. Крымский (Крымское сельское поселение), байрачный лес, днище балки Крымской. ООПТ категории охраняемый ландшафт «Балка Власова». Почвы: смытый южный чернозем с большим количеством опада. Растительность: Байрачный лес (упрощенная дубрава пестроперловниковая); ассоциация: *Quercus robur* + *Acer campestre* + *Melica picta*. Ярусность: Первый древесный ярус (А, до 20 м) состоит из *Quercus robur*, *Acer campestre*; второй древесный ярус (В, до 10 м) – из подроста этих же древесных пород (*Quercus robur* и *Acer campestre*), кустарниковый ярус (С, до 5–6 м) состоит из *Acer tataricum*, *Euonymus verrucosa*, *Euonymus europaeus*, *Ligustrum vulgare*; травянистый ярус (D, до 50 см) – из *Melica picta*, *Symphytum tauricum*, *Pulmonaria mollis* и др.

ЦП 3. Миллеровский р-н, 1,3 км северо-западнее х. Донецкий лесхоз (Первомайское сельское поселение), склоны балки Деркулева. Почвы: черноземы южные, смытые по склонам балок, а также средне- и маломощные супесчаные черноземы с мощностью гумусового горизонта до 30 см. Растительность: Байрачный лес (дубрава звездчатковая); ассоциация: *Quercus robur* + *Acer campestre* + *Stellaria holostea*. Ярусность: Первый древесный ярус (А, до 20 м) состоит из *Quercus robur* и ясеня высокого *Fraxinus excelsior*; второй древесный ярус (В, до 10 м) – из клена полевого *Acer campestre* и вязов *Ulmus minor*, *U. laevis*; третий ярус (кустарниковый) (С, до 5 м) образован *Acer tataricum*, *Euonymus europaea*; травянистый ярус (D, до 50 см) образован *Melica picta*, *Stellaria holostea*, *Platanthera chlorantha* и др.

В период массового цветения медуницы мягкой большую роль в сложении травянистого яруса играет группа лесных эфемероидов *Corydalis marschalliana*, *C. solida*, *Ficaria verna*, *Scilla sibirica* и др.

Таблица 1

Флористический состав ценопопуляций с *Pulmonaria mollis* на территории Ростовской обл.

№ вида	Характеристика фитоценоза	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3
	ОПП древесного яруса	75	60	80
	ОПП кустарникового яруса	20	30	20
	ОПП травяного яруса	50	50	30
	Общ. число видов	49	50	60
	Площадь ЦП, га	0,15	0,3	0,1
	Название видов	Обилие (по шкале Друде)		
1	2	3	4	5
	Древесный и кустарниковый ярус (А – С):			
1	<i>Acer campestre</i> L. (B)	cop2	sp3	sp3
1a	<i>Acer campestre</i> L. (C)	cop1	sp3	–
2	<i>Acer tataricum</i> L. (B)	–	sol	–
2a	<i>Acer tataricum</i> L. (C)	sol	sp2	sp2
3	<i>Cornus sanguinea</i> L. (C)	sp3	sp3	–
4	<i>Crataegus rhipidophylla</i> Gand. (C)	sol	sol	–
5	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq. (C)	–	–	sp2
6	<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Wolf.) Klásk. (C)	–	–	sol
7	<i>Euonymus europaeus</i> L. (C)	sp2	–	sp2
8	<i>Euonymus verrucosus</i> Scop. (C)	sp3	sp3	–
9	<i>Fraxinus excelsior</i> L. (A)	sol	–	sp3
9a	<i>Fraxinus excelsior</i> L. (B)	–	–	sp3
9б	<i>Fraxinus excelsior</i> L. (C)	sp1	sp1	sp1
10	<i>Ligustrum vulgare</i> L. (C)	sp1	sp2	–
11	<i>Populus alba</i> L. (A)	–	sol	–
12	<i>Prunus avium</i> (L.) L. (C)	sp1	–	–
13	<i>Prunus spinosa</i> L. (B)	sol	–	–
14	<i>Pyrus communis</i> L. (A)	sp1	sol	–
14a	<i>Pyrus communis</i> L. (C)	–	–	sp2
15	<i>Quercus robur</i> L. (A)	cop3	sp3	cop3
15a	<i>Quercus robur</i> L. (B)	sp1	sp1	–
16	<i>Rosa</i> sp. (C)	sp1	sp1	–
17	<i>Tilia cordata</i> Mill. (A)	–	–	sp1
17a	<i>Tilia cordata</i> Mill. (C)	–	–	sp2
18	<i>Ulmus laevis</i> Pall. (B)	–	–	sp2
19	<i>Ulmus minor</i> Mill. (B)	sp1	–	sp3

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
	Травянистый ярус (D):			
20	<i>Achillea millefolium</i> subsp. <i>millefolium</i>	–	–	sp2
21	* <i>Aegonychon purpurocaeruleum</i> (L.) Holub	sp3	sp3	–
22	<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	–	sp3	sp2
23	<i>Agrostis capillaris</i> L.	sp2	sp1	–
24	<i>Ajuga genevensis</i> L.	–	sp3	–
25	<i>Alkekengi officinarum</i> Moench	sp2	–	–
26	<i>Alliaria petiolata</i> (M.Bieb.) Cavara & Grande	sp2	sp1	sp3
27	<i>Aristolochia clematitis</i> L.	sp1	sp1	–
28	<i>Asparagus verticillatus</i> L.	–	sol	–
29	<i>Astragalus glycyphyllos</i> L.	–	sp3	sp1
30	<i>Ballota nigra</i> L.	sp1	–	–
31	<i>Betonica officinalis</i> L.	–	–	sp1
32	<i>Brachypodium sylvaticum</i> ssp. <i>sylvaticum</i>	–	sp3	sp2
33	<i>Campanula rapunculus</i> L.	–	sol	sp2
34	* <i>Campanula trachelium</i> L.	sp1	sp1	–
35	<i>Carex contigua</i> Hoppe	sp2	sp2	–
36	<i>Chelidonium majus</i> L.	sp2	sp1	–
37	<i>Clinopodium vulgare</i> L.	–	sol	–
38	<i>Coronilla varia</i> L.	–	sp2	–
39	* <i>Corydalis cava</i> subsp. <i>marschalliana</i> (Willd.) [<i>Corydalis marschalliana</i> (Willd.) Kuntze]	cop1	cop1	cop1
40	* <i>Corydalis solida</i> (L.) Clairv.	sp3	sp3	cop1
41	<i>Dactylis glomerata</i> L.	sp2	sp2	sp2
42	<i>Delphinium schmalhauseni</i> Albov [<i>Delphinium sergei</i> O.D.Wissjul.]	–	–	sp2
43	<i>Dianthus</i> sp.	–	–	sp1
44	<i>Dictamnus albus</i> L. [<i>Dictamnus gymnostylis</i> Steven]	–	–	sp2
45	<i>Elymus caninus</i> (L.) L.	sp2	sp3	–
46	<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	–	–	sp2
47	<i>Euphorbia semivillosa</i> (Prokh.) Krylov	–	–	sp2
48	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Á. Löve	–	–	sp1
49	<i>Fragaria viridis</i> Weston	–	–	sp1
50	<i>Gagea lutea</i> (L.) Ker Gawl.	–	sp1	sp2
51	<i>Gagea minima</i> (L.) Ker Gawl.	sp2	sp2	sp2
52	<i>Galium aparine</i> L.	sp2	–	sp1
53	<i>Galium humifusum</i> M.Bieb.	–	–	sp2
54	<i>Geum urbanum</i> L.	sp3	sp2	sp2
55	<i>Glechoma hederacea</i> L.	–	–	sp2
56	<i>Hypericum perforatum</i> L.	–	–	sp1

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ *PULMONARIA MOLLIS* WULF. EX HORNEM....

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
57	<i>Lamium purpureum</i> L.	sp3	–	–
58	<i>Lapsana communis</i> L.	sp1	sp2	sp1
59	<i>Lathyrus pisiformis</i> L.	–	–	sp1
60	<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	–	–	sp2
61	<i>Lithospermum officinale</i> L.	sp3	sp2	sp2
62	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	sp1	–	–
63	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	–	–	sp1
64	<i>Medicago lupulina</i> L.	–	sp2	–
65	<i>Melica picta</i> K.Koch	sp3	sp3	sp2
66	<i>Nicaea perfoliata</i> (L.) Al-Shehbaz	sp1	–	–
67	<i>Origanum vulgare</i> L.	–	–	sp1
68	<i>Phlomidoides tuberosa</i> (L.) Moench	–	–	sp1
69	* <i>Platanthera chlorantha</i> (Custer) Rchb.	–	–	sp2
70	<i>Poa angustifolia</i> L.	sp2	sp3	–
71	<i>Poa nemoralis</i> L.	–	sp3	sp2
72	<i>Poa pratensis</i> L.	–	–	sp2
73	<i>Polygonatum latifolium</i> (Jacq.) Desf.	–	–	sp1
74	<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	–	–	sp2
75	* <i>Pulmonaria mollis</i> J.F.Wolff ex Hornem.	sp3	cop2	sp1
76	<i>Rabelera holostea</i> (L.) M.T. Sharples & E.A.Tripp	–	–	cop1
77	<i>Ranunculus ficaria</i> L.	cop 1	sp3	cop1
78	* <i>Scilla siberica</i> Andrews	sp3	cop1	sp3
79	<i>Scutellaria altissima</i> L.	sp2	sp1	–
80	<i>Silene latifolia</i> subsp. <i>alba</i> (Mill.) Greuter & Burdet	sp2	–	sp2
81	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	–	–	sp2
82	<i>Stachys recta</i> L.	–	–	sp1
83	<i>Stachys sylvatica</i> L.	sp2	sp1	–
84	<i>Symphytum tauricum</i> Willd.	sp2	sp2	–
85	<i>Thalictrum minus</i> L.	–	–	sp1
86	<i>Trifolium pratense</i> L.	–	–	sp1
87	<i>Tulipa sylvestris</i> subsp. <i>australis</i> (Link) Pamp.	sp3	sp2	–
88	<i>Verbascum lychnitis</i> L.	–	–	sp1
89	<i>Veronica hederifolia</i> L.	sp3	sp1	–
90	<i>Vicia pisiformis</i> L.	–	sp1	sp2–
91	<i>Vincetoxicum scandens</i> Sommier & Levier	sp2	sp3	sp2
92	<i>Viola mirabilis</i> L.	sp2	–	–
93	<i>Viola odorata</i> L.	sp2	sp3	sp2

Примечание: А – первый древесный ярус; В – второй древесный ярус; С – кустарниковый ярус; D – травянистый ярус; виды, внесённые во 2-е издание КК РО, отмечены звёздочкой (*).

Из 93 видов, входящих в общее видовое разнообразие, 19 (20,4 %) отмечены во всех трёх сообществах. Помимо *Quercus robur* и *Acer campestre*, составляющих основу древостоя, отмечены *Corydalis cava* subsp. *marschalliana*, *Ranunculus ficaria*, *Scilla siberica*, *Geum urbanum*, *Viola odorata* и другие виды травянистых многолетников. Наибольшим сходством видового состава характеризуются сообщества, в которых сформировались ЦП 1 и 2 (коэффициент сходства Жаккара для них составляет 0,6). Растительное сообщество с ЦП 3 существенно отличается от двух других (коэффициент сходства с первым составляет 0,26, со вторым – 0,31). Оно имеет самый богатый видовой состав (61 вид), 47,5 % из которых (29 видов) отмечены только здесь.

Исследование возрастной структуры популяций *P. mollis* было проведено в апреле 2023 г. на территории Усть-Донецкого района. В обеих исследованных ценопопуляциях были отмечены особи следующих возрастных групп: проростки, ювенильные, имматурные, виргинильные, молодые и средневозрастные генеративные (Рис. 4).

Проростки медуницы мягкой характеризуются наличием 2 некрупных сильноопушённых листьев яйцевидной формы. У ювенильных особей формируется розетка из 2–3 удлинённо-ланцетных листьев до 6 см длиной и до 2 см шириной, их черешки имеют длину 4–8 см. Именно на этой стадии растения начинают формировать эпигеогенное корневище. Имматурное состояние представлено розеточным побегом, формирующим до 5–6 черешковых листьев. Их листовые пластинки эллиптической формы с острой верхушкой, длиной до 9 см, шириной до 3 см. Черешок до 9 см длиной. Для имматурных особей характерно отмирание главного корня, подземная часть их представлена коротким корневищем с образующимися на нём придаточными корнями.

Виргинильное возрастное состояние отмечается сменой моноподиального характера роста симподиальным. Число розеточных листьев может достигать 8. Их черешки длиной 14–20 см, листовая пластинка с низбегающим основанием, может достигать длины до 20 см и ширины до 10 см. В пазухах листьев закладываются вегетативные почки, к осени формируется крупная генеративная.

Молодое генеративное состояние наступает на 5–6 год и длится до 3 лет. Для него характерно наличие 1–2 годичных удлинённых и 2–3 годичных розеточных побегов. Листья надземной части крупные (длина листовых пластинок 24–26 см, ширина – 9–11 см) на черешках длиной около 20 см. Годичный удлинённый побег в высоту 18–30 см, на его верхушке формируется соцветие с 8–15 цветками. После плодоношения надземная часть отмирает, при этом на корневище остаётся рубец. Само корневище интенсивно нарастает.

Средневозрастные особи формируют куст диаметром до 5 см. Число удлинённых годичных побегов с соцветиями на этом этапе составляет 4–5, розеточных – 6–10 штук. Хорошо развита система придаточных корней. Корневище ветвится. Растения на этой стадии размножаются вегетативно за счёт фрагментации корневища, что приводит к появлению плотного клона. Длится эта стадия около 4 лет.

Старые генеративные особи имеют все признаки снижения морфологических характеристик по сравнению со средневозрастными. У растений формируется 1–2

удлиненных годичных побега высотой до 15 см, и 2–3 розеточных. Число стеблевых листьев – 5–6, их длина – 2,5 см, ширина – 1 см. Число цветков в соцветии – 8–12 (20). На розеточном годичном побеге разворачивается 3–4 черешковых листа. Эпигеогенное корневище ветвится слабо, приросты текущего года короче, чем приросты предыдущих лет. Придаточные корни на приростах предыдущих лет становятся бурыми.

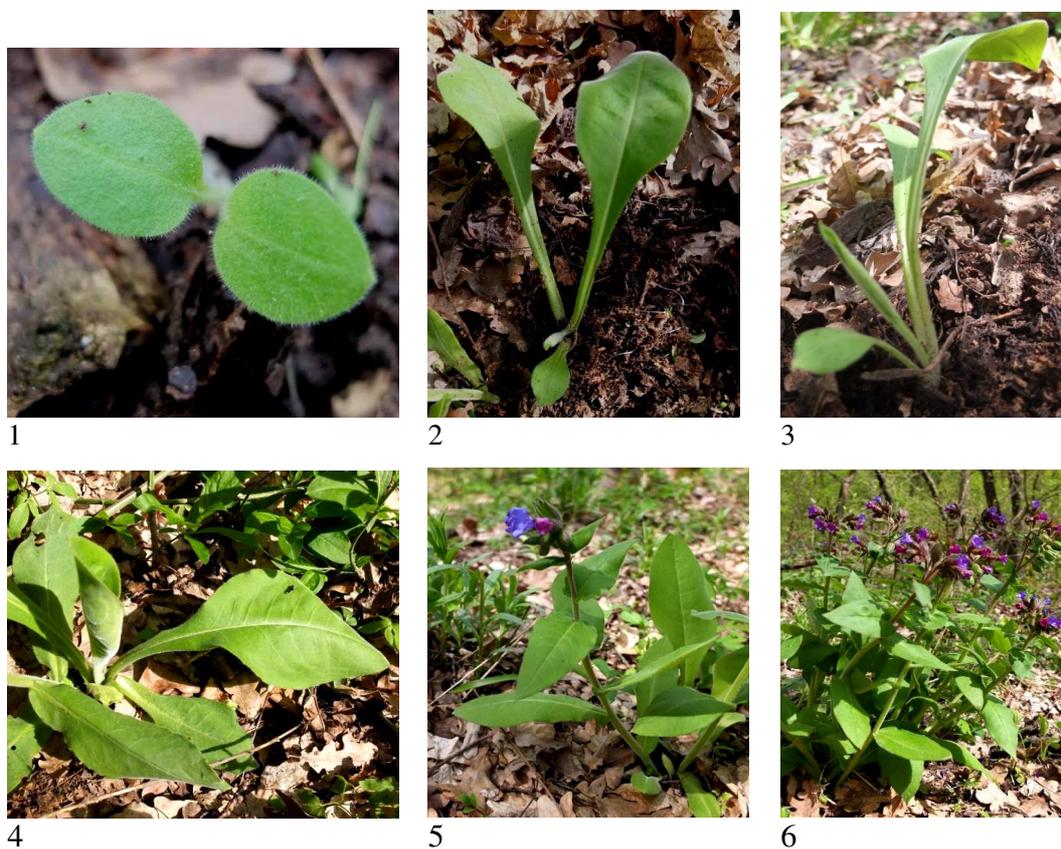


Рис. 4. Возрастные состояния *Pulmonaria mollis*, отмеченные во время исследования (17.04.2023 г.): 1 – проросток (р); 2 – ювенильное (j); 3 – имматурное (im); 4 – виргинильное (v); 5 – молодое генеративное (g1); 6 – средневозрастное генеративное (g2) [фото А. Ю. Матецкой].

В субсенильном и сенильном онтогенетических состояниях прекращается образование удлиненных годичных побегов, не происходит развития пазушных почек, уменьшается число придаточных корней. Розеточные годичные побеги содержат не более 4 листьев, их число уменьшается и у сенильных особей формируется только одна розетка из 1–2 черешковых листьев. Корневище чернеет, его ветвление останавливается.

Проведённые исследования позволили установить следующие показатели

плотности популяций и соотношения в них возрастных состояний (Табл. 2).

Таблица 2
Демографические данные о популяциях *Pulmonaria mollis* в Ростовской области

	Участие, в %									Плотность особей, на 1 м ²		
	Возрастные состояния									min	среднее	max
	p	j	im	v	g1	g2	g3	s	ss			
ЦП 1	47,6	0	5,5	11,7	7,9	27,3	0	0	0	2	8,5	20
ЦП 2	28,7	3	8,4	19,2	9	31,7	0	0	0	6	11,1	22
ЦП 3	Изучение возрастной структуры не проводилось									2	6,7	11

Для получения интегральной характеристики возрастной структуры конкретной ценопопуляции были построены онтогенетические спектры. Изученные популяции являются нормальными неполночленными. Растения на поздней генеративной и постгенеративной стадии развития (субсенильные и сенильные стадии) в изученных сообществах не отмечены (Рис. 5). Это позволяет оценивать возраст ценопопуляций не больше 10–12 лет. Для более точного установления возраста генеративных растений необходимо подробно обследовать их подземную сферу, характер ветвления и состояние корневищ, что невозможно сделать, учитывая статус охраны вида и невысокую численность популяций.

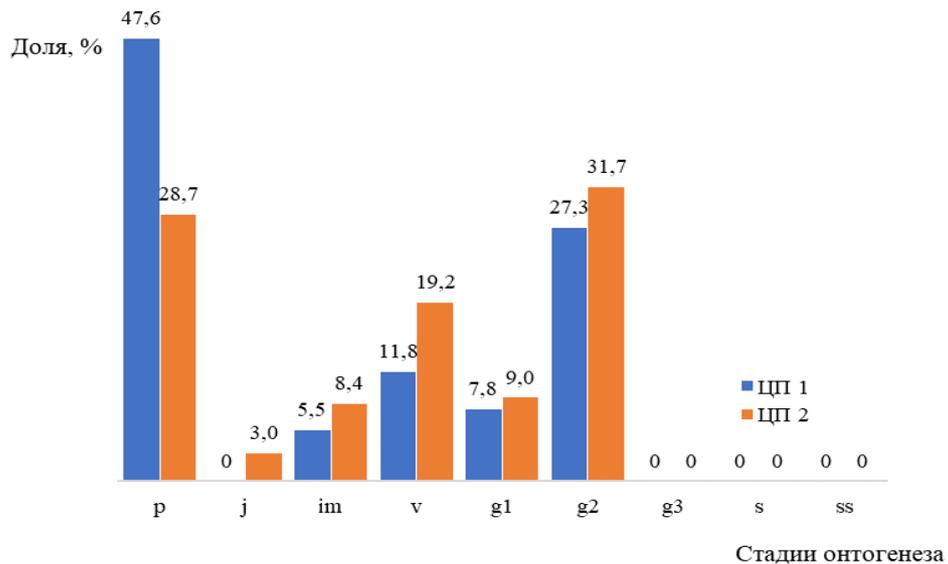


Рис. 5. Онтогенетические спектры исследованных ценопопуляций *Pulmonaria mollis*.

На основе полученных онтогенетических спектров были рассчитаны

коэффициенты возрастности (Δ), индексы эффективности (ω), а также изученные популяции *Pulmonaria mollis* классифицированы по критерию «дельта-омега» (Табл. 3).

Таблица 3

Характеристики популяций *Pulmonaria mollis* по онтогенетическим индексам

	Абсолютный максимум, %	Δ	Тип популяции по Δ	ω	Тип популяции по классификации « Δ - ω »
ЦП 1	47,6% (p)	0,18	взрослеющая	0,41	молодая
ЦП 2	31,7 (g2)	0,21	молодая	0,51	молодая

Индекс возрастности (Δ) изученных ценопопуляций варьирует в незначительных пределах – от 0,18 (ЦП 1) до 0,21 (ЦП 2), т. е. по классификации Животовского [15] они должны быть отнесены к типам: «взрослеющая» (ЦП 1) и «молодая» (ЦП 2).

Индекс эффективности (ω) изменяется в диапазоне 0,41–0,51. По классификации «дельта – омега» Животовского [15] изученные ценопопуляции относятся к типу «молодых». Такое положение в классификации, вероятнее всего, объясняется заметным наличием в изученных популяциях достаточного количества молодых особей, но при сохранении преобладающего числа генеративных растений.

ЦП 1 характеризуется левосторонним возрастным спектром, где прегенеративные растения суммарно составляют 64,8 % от общего количества особей, а максимум возрастного спектра приходится на проростки (47,6 %), что свидетельствует о благоприятных экологических условиях для семенного возобновления вида, достаточной выживаемости молодых растений.

ЦП 2 характеризуется левосторонним возрастным спектром, где прегенеративные растения суммарно составляют 59,3 % от общего количества особей, а максимум возрастного спектра приходится на зрелые генеративные растения (31,7 %), что свидетельствует о благоприятных экологических условиях для семенного возобновления вида.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе наших исследований были обнаружены и описаны новые для Ростовской области популяции редкого вида *Pulmonaria mollis*. Несмотря на небольшую площадь, занимаемую видом в обследованных сообществах, нужно отметить достаточную плотность экземпляров, их высокую жизненность (на растениях не отмечено никаких следов повреждения или угнетения), а также благоприятный онтогенетический спектр. Ценопопуляции характеризуются высокой долей участия прегенеративных и генеративных особей, что говорит об успешности семенного размножения в условиях данных растительных сообществ. Дальнейшие наблюдения позволят проследить динамику состояния популяций, изменения в возрастном спектре, а также отметить тенденции к распространению особей по территории фитоценоза.

Только ЦП 2 находится на особо охраняемой природной территории. Но и это не снимает угрозы антропогенного вмешательства в состояние локальной популяции, так как балка Власова расположена в непосредственной близости от населённого пункта и часто посещается жителями хутора. Для других двух местонахождений желательно ввести охранный статус. Кроме того, необходимо продолжать работу по обнаружению новых местообитаний вида, особое внимание уделяя байрачным дубравам со сходным видовым составом.

Исследования проводились при финансовой поддержке Минприроды Ростовской области (Государственный контракт № Ф.2023.021 от 24. 03. 2023 г.).

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы выражают благодарность Рогаль Л. Л. (зав. гербарием кафедры ботаники ЮФУ) за помощь в полевых исследованиях и определении видов.

Список литературы

1. Красная книга Ростовской области. Растения и грибы. Издание 2-е. Т. 2. / Науч. ред. В. В. Федяева. – Ростов-на-Дону: Минприроды Ростовской области, 2014. – 344 с.
2. Соколова Т. А. Новые находки редких видов сосудистых растений в лесных сообществах Ростовской области / Т. А. Соколова // Разнообразие растительного мира. – Брянск, 2020. – № 4 (7). – С. 52–60. DOI: 10.22281/2686-9713-2020-4-52-60.
3. Ермолаева О. Ю. Новые находки редких видов растений и грибов в центральных районах Ростовской области / О. Ю. Ермолаева, Т. А. Карасёва, А. Н. Шмараева, Ж. Н. Шишлова, Т. А. Соколова // Разнообразие растительного мира. – Брянск, 2021. – № 1 (8). – С. 58–74.
4. Кузьменко И. П. Новое местонахождение *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Hornem. в Ростовской области / И. П. Кузьменко, А. Н. Шмараева, О. Ю. Ермолаева // Степи Северной Евразии: Мат-лы IX международного симпозиума / Под науч. ред. Академика РАН А. А. Чибилёва. – Оренбург: ОГУ, 2021. – С. 421–426.
5. Ермолаева О. Ю. Новые находки редких видов покрытосеменных растений на севере Ростовской области / О. Ю. Ермолаева, Т. А. Карасева, А. Н. Шмараева // Ученые записки Крымского федерального университета. Биология, Химия. – 2023. – № 2 (42). – С. 21–36. URL: http://vestospu.ru/archive/2022/articles/3_42_2022.pdf. DOI: 10.32516/2303-9922.2022.42.3.
6. Камышев Н. С. Растительный покров Воронежской области и его охрана / Н. С. Камышев, Н. Ф. Хмельёв. – Воронеж, Изд-во Ворон. ун-та, 1976. – 182 с.
7. Schnabel A. Conservation genetics and evolutionary history of *Gleditsia caspica*: Inferences from allozyme diversity in populations from Azerbaijan / Schnabel A., Krutovskii K. V. // Conservation Genetics, 2004. – 5. – P. 195–204.
8. Федяева В. В. Мониторинг редких и исчезающих видов растений и грибов Ростовской области / В. В. Федяева, В. А. Русанов // Матер. науч.-практич. межрегион. конф. «О состоянии и перспективах развития особо охраняемых природных территорий и проблеме борьбы с деградацией (опустыниванием) земель». – Ростов-на-Дону: ООО «Синтез технологий», 2005. – С. 29–36.
9. Шенников А. П. Введение в геоботанику / А. П. Шенников. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. – 447 с.
10. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов // Труды БИН АН СССР; Сер. 3. Геоботаника. – М.; Л., 1950. – Вып. 6. – С. 179–196.
11. Злобин Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография / Ю. А. Злобин. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 266 с.
12. Онтогенетический атлас лекарственных растений. Учебное пособие. Т. III. – Йошкар-Ола, МарГУ, 2002. – 280 с.

13. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов / А. А. Уранов // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. – 1975. – № 2. – С. 7–34.
14. Заугольнова Л. Б. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) / Л. Б. Заугольнова, Л. А. Жукова, А. С. Комаров, О. В. Смирнова. – М.: Наука, 1988. – 184 с.
15. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л. А. Животовский // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3–7.
16. Catalogue of life. URL: <https://www.catalogueoflife.org/> (дата обращения: 15.02.2022).
17. International Plant Name Index. URL: <https://www.ipni.org/> (дата обращения: 17.11.2022).
18. Клеопов Ю. Д. Анализ флоры широколиственных лесов европейской части СССР / Ю. Д. Клеопов. – Киев: Наукова Думка, 1990. – 352 с.
19. Соколова Т. А. Дубравы союза *Scutellario altissimae–Quercion Goncharenko et al.* 2020 на юге Европейской части России / Т. А. Соколова, О. Ю. Ермолаева // Разнообразие растительного мира. – Брянск, 2021, № 4 (11). – С. 5–39.

THE STATE OF POPULATIONS OF *PULMONARIA MOLLIS* WULF. EX HORNEM. IN THE ROSTOV REGION

Ermolaeva O. Yu., Matetskaya A. Yu., Shmaraeva A. N.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: oermolaeva@sfedu.ru

After the release of the 2nd edition of the Red Book of the Rostov Region in 2014, work on its maintenance continued. Within the framework of this program, the state of populations of plant species included in it is monitored, new locations of protected taxa are identified, and a botanical inventory of specially protected natural areas is carried out.

In 2020 and 2022 3 new locations of the species rare in the Rostov region *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Hornem. (Boraginaceae Juss.) were identified: two in the Ust-Donetsk region and one in Millerovsky.

The purpose of this study is to conduct a geobotanical study of the phytocenoses in which *Pulmonaria mollis* grows, to determine its coenotic role, to establish the number, density and modern ontogenetic structure of its populations in the Rostov region.

Geobotanical descriptions of all phytocenoses were carried out in the summer. The ontogenetic structure was studied in April 2023 on the territory of the Ust-Donetsk region, during the period of mass flowering of lungwort.

All locations of lungwort belong to the association *Poo nemoralis–Quercetum roboris* Sokolova, Ermolaeva 2021 (union *Scutellario altissimae–Quercion roboris* Goncharenko et al. 2020, order *Quercetalia pubescenti-petraeae* Klika 1933, class *Quercetea pubescentis* Doing-Kraft ex Scamoni et Passarge 1959). The association unites meso-xerophytic oak forests.

CP 1 and CP 2 are in the Ust-Donetsk region, in the vicinity of the Krymsky farmstead, in the ravine forests at the bottoms of the Astakhova and Krymskaya gullies. CP 1 occupies an area of 0,15 hectares, the density is 8,5 individuals per square meter (2–

20). CP 2 is located on an area of 0,3 hectares, the density is 11,1 specimens per square meter (6–22).

CP 3 was described in the Millerovsky district, 1,3 km north-west of the Donetsk forestry farm, in a ravine forest on the slopes of the Derkulev gully. The cenopopulation area is 0,1 hectares. The density of individuals is 6,7 per square meter (2–11).

Of the 93 species included in the total species diversity, 19 (20,4 %) were recorded in all three communities. The communities in which CPs 1 and 2 were formed are characterized by the greatest similarity in species composition (Jaccard similarity coefficient is 0,6). The plant community with CP 3 differs significantly from the other two (the coefficient of similarity with the first is 0,26, with the second – 0,31).

In both studied cenopopulations, individuals of the following age groups were noted: seedlings, juveniles, immatures, virginals, young and middle-aged generatives.

The populations studied are normal incomplete. Plants at the late generative and postgenerative stages of development (subsenile and senile stages) were not noted in the studied communities. This allows us to estimate the age of coenopopulations at no more than 10–12 years.

Based on the obtained ontogenetic spectra, age coefficients (Δ), efficiency indices (ω) were calculated, and *Pulmonaria mollis* populations were classified according to the «delta-omega» criterion. The age index of the studied cenopopulations varies within insignificant limits from 0,18 (CP 1) to 0,21 (CP 2), and therefore they should be classified into the following types: «maturing» (CP 1) and «young» (CP 2). The efficiency index varies in the range of 0,41–0,51. According to the «delta-omega» classification by Zhivotovsky (2001), the studied cenopopulations belong to the «young» type.

CP 1 is characterized by a left-sided age spectrum, where pregenerative plants total 64,8 % of the total number of individuals, and the maximum of the age spectrum falls on seedlings (47,6 %), which indicates favorable environmental conditions for seed regeneration of the species and sufficient survival of young plants.

CP 2 is characterized by a left-sided age spectrum, where pregenerative plants total 59,3 % of the total number of individuals, and the maximum age spectrum falls on mature generative plants (31,7 %), which indicates favorable environmental conditions for seed regeneration of the species.

Thus, during our research, new populations of the rare species *Pulmonaria mollis* were discovered and described for the Rostov region. Despite the small area occupied by the species in the surveyed communities, it should be noted that there is a sufficient density of specimens, their high vitality (no traces of damage or oppression were noted on the plants), as well as a favorable ontogenetic spectrum. Cenopopulations are characterized by a high proportion of participation of pregenerative and generative individuals, which indicates the success of seed propagation under the conditions of these plant communities. Further observations will make it possible to trace the dynamics of the state of populations, changes in the age spectrum, and also note trends in the distribution of individuals throughout the territory of the phytocenosis.

Only CPU 2 is in a specially protected natural area. But this does not remove the threat of anthropogenic interference in the state of the local population, since Vlasov Balka is located in close proximity to the populated area and is often visited by residents

of the village. For the other two locations, it is advisable to introduce a protective status. In addition, it is necessary to continue work to discover new habitats of the species, paying special attention to groves of oak forests with a similar species composition.

Keywords: *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Hornem., Rostov region, Red List, local population, ontogenesis, age structure.

References

1. *The Red Book of the Rostov region: Plants and fungi*, 344 p. (Ministry of Natural Resources of the Rostov region, Rostov-on-Don, 2014).
2. Sokolova T. A., New findings of rare vascular plant species in forest communities of the Rostov region, *Diversity of the plant world*, **4** (7), 52 (2020). DOI: 10.22281/2686-9713-2020-4-52-60.
3. Ermolaeva O. Yu., Karaseva T. A., Shmaraeva A. N., Shishlova Zh. N. and Sokolova T. A., New finds of rare species of plants and fungi in the central regions of the Rostov region, *Diversity of the plant world*, **1** (8), 58 (2021).
4. Kuzmenko I. P., Shmaraeva A. N. and Ermolaeva O. Yu., New location of *Pulmonaria mollis* Wulf. ex Hornem. in the Rostov region, *Steppes of Northern Eurasia: Proceedings of the IX International Symposium*, edited by Chibilev A. A. (OSU, Orenburg, 2021), p. 421.
5. Ermolaeva O. Yu., Karaseva T. A. and Shmaraeva A. N., New finds of rare species of angiosperms in the north of the Rostov region, *Scientific notes of the Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **2** (42), 21 (2023). URL: http://vestospu.ru/archive/2022/articles/3_42_2022.pdf. DOI: 10.32516/2303-9922.2022.42.3.
6. Kamyshev N. S. and Khmelev N. F., *Vegetation cover of the Voronezh region and its protection*, 182 p. (Voronezh University Publishing House, Voronezh, 1976).
7. Schnabel A. and Krutovskii K. V., Conservation genetics and evolutionary history of *Gleditsia caspica*: Inferences from allozyme diversity in populations from Azerbaijan, *Conservation Genetics*, **5**, 95 (2004).
8. Fedyaeva V. V. and Rusanov V. A., Monitoring of rare and endangered species of plants and fungi of the Rostov region, materials of scientific conference : *On the state and prospects of development of specially protected natural territories and the problem of combating land degradation (desertification)*, 29 (Synthesis of Technologies, Rostov-on-Don, 2005).
9. Shennikov A.P., *Introduction to geobotany*, 447 p. (LSU, Leningrad, 1964).
10. Rabotnov T. A., Life cycle of perennial herbaceous plants in meadow cenoses, *Proceedings of the BIN AN USSR; Ser. 3. Geobotany*, **6**, 179 (1950).
11. Zlobin Yu. A., *Population ecology of plants: current state, growth points*, 266 p. (University Book, Sumy, 2009).
12. *Ontogenetic atlas of medicinal plants*, **III**, 280 p. (MarSU, Yoshkar-Ola, 2002).
13. Uranov A. A., Age spectrum of phytocenopopulations as a function of time and energy wave processes, *Scientific reports of higher school. Biological Sciences*, **2**, 7 (1975).
14. Zaugolnova L. B. Zhukova L.A., Komarov A.S. and Smirnova O.V., *Cenopopulations of plants (essays on population biology)*, 184 p. (Nauka, Moscow, 1988).
15. Zhivotovsky L. A. Ontogenetic states, effective density and classification of plant populations, *Ecology*, **1**, 3 (2001).
16. Catalogue of life. URL: <https://www.catalogueoflife.org/> (reference date: 15.02.2022).
17. International Plant Name Index. URL: <https://www.ipni.org/> (reference date: 17.11.2022).
18. Kleopov Yu. D., *Analysis of the flora of broad-leaved forests of the European part of the USSR*, 352 p. (Naukova dumka, Kiev, 1990).
19. Sokolova T. A. and Ermolaeva O. Yu., Oak forests of the *Scutellario altissimae*–*Quercion* union Goncharenko et al. 2020 in the south of the European part of Russia, *Diversity of the flora*, **4** (11), 5 (2021).

УДК 612.821-057.875:[338/48- 53:796.526]

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-76-86

ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ РЕКРЕАЦИОННЫМ СКАЛОЛАЗАНИЕМ

Жмурова Т. А., Рябцев С. М.

*Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия
E-mail: tazhmurova@sevsu.ru*

Рекреационное скалолазание – как сложнокоординационный вид, что способствует развитию attentionных характеристик, сенсорно-моторных реакций. В связи с этим, целью работы является определение эффективности влияния тренировочных занятий рекреационного скалолазания на психофизиологическое и функциональное состояние организма студентов. Настоящими исследованиями доказана эффективность применения тренировочных занятий рекреационным скалолазанием, что отразилось в повышении функциональных резервов респираторной системы, совершенствовании качества моторной координации и развитии основных качеств внимания, при этом, эффективность выраженности влияния на психофизиологическое и функциональное состояние тренировочных занятий рекреационным скалолазанием лимитирована продолжительностью применения предлагаемого комплекса.

Ключевые слова: двигательная рекреация, скалолазание, студенты, система внешнего дыхания, attentionные характеристики, сенсорно-моторные реакции.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, двигательная активность обуславливает повышение функциональных и адаптационных возможностей как отдельных систем, так и всего организма в целом [1] и, при этом, является одним из критериев, характеризующих качество жизни студенческой молодежи. На сегодняшний день альтернативным видом физической активности является двигательная рекреация, и, в частности, рекреационное скалолазание, с прохождением трассы маршрута в условиях природного рельефа Крыма или искусственного скалодрома. Актуальность вопроса настоящего исследования обусловлена стремительным ростом желающих заниматься различными видами двигательной активности, в частности, двигательной рекреацией [2]. Рекреационное скалолазание, как сложнокоординационный вид деятельности, способствует развитию и совершенствованию, помимо физических качеств, attentionных характеристик и сенсорно-моторных реакций организма, обуславливая повышение уровня психофизиологического состояния организма. Авторы Фефилятьев С. А., Чугин М. А. (2020) подчеркивают значимость влияния занятий скалолазанием на развитие аналитического мышления, в связи с необходимостью просчитывать оптимальное расположение зацепов и распределение физических

возможностей на трассе скалодрома [3].

В связи с вышесказанным, цель данной работы – оценка эффективности влияния занятий рекреационным скалолазанием на психофизиологическое и функциональное состояние систем организма студентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 23 студента (21,3±0,3 г.), относящиеся к основной группе здоровья и ранее не занимавшихся рекреационным скалолазанием. Эксперимент, продолжительностью в 14 недель, проводился на базе Севастопольского государственного университета, вне учебных занятий, в свободное время. Занятия рекреационным скалолазанием проводились по 90 минут, два раза в неделю. При этом, блок подготовительной части составлял 20 %, основная часть 70 % и блок заключительной части 10 % занятия (табл. 1).

Таблица 1

Содержание блока занятий рекреационным скалолазанием

Часть занятия	Вид деятельности
подготовительная	- дыхательная гимнастика, направленная на освоение и закрепление навыка диафрагмального типа дыхания [4];
	- общая суставная разминка [4];
	- специальная силовая подготовка верхних и нижних конечностей [5];
	- специальные беговые упражнения [5].
основная	обучение правильной технике лазания с последующим преодолением искусственного рельефа различной сложности трассы скалодрома.
заключительная	- дыхательная гимнастика; - идеомоторная тренировка [4].

Для достижения поставленной цели проводили исследования психофизиологического и функционального состояния занимающихся до начала (фоновые значения) и по завершению проведения эксперимента (контрольные значения) с применением аппаратно-программных комплексов «НС-Психотест» (ООО «Нейрософт», Россия) и «Валента» (г. Санкт-Петербург, Россия), по общепринятым методикам (табл. 2).

Исследование психофизиологических характеристик и системы внешнего дыхания проводили в условиях научной лаборатории психофизиологических и функциональных исследований Севастопольского государственного университета, отвечающей требованиям безопасности во время выполнения исследовательских работ и действующим СанПиН, этических норм и гуманности в соответствии с Хельсинкской декларацией (2000 г.) и Директивой Европейского сообщества 86/609 [6].

Таблица 2

Методики оценки психофизиологического и функционального состояния организма студентов, занимающихся рекреационным скалолазанием

Методика	Характеристика методик	Аппаратно-программный комплекс
Оценка психофизиологического состояния		
Оценка attentionных характеристик		
Корректирующая проба Б. Бурдона	- оценка концентрации и устойчивости внимания	Программа «НС-Психотест»
проба Х. Мюнстреберга	- оценка избирательности внимания	Программа «НС-Психотест»
Таблицы Шульте-Горбова	- оценка распределения внимания	Программа «НС-Психотест»
Оценка сенсорно-моторных реакций		
Теппинг-тест	- оценка силы нервных процессов, что отражает общую работоспособность человека	Программа «НС-Психотест»
Контактная треморометрия	- оценка качества координации движений и способности к произвольной регуляции движения во время движения руки	Программа «НС-Психотест»
Оценка функционального состояния		
Спирометрия	- оценка функционального состояния системы внешнего дыхания	АПК «Валента»,

До начала проведения эксперимента у всех обследуемых юношей определяли параметры системы внешнего дыхания, длину и массу тела, среднegrupповое значение которых составили $177,8 \pm 1,3$ см и $79,1 \pm 0,8$ кг соответственно.

С помощью пакета стандартных статистических программ Statistica 6.0 выполнялась обработка накопленной базы данных с определением среднего арифметического (M), стандартной ошибки (m).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ данных attentionных характеристик определил недостаточное развитие основных свойства внимания обследуемых до начала эксперимента (табл. 3) [7].

Анализ показателей сенсорно-моторных реакций выявил уровень выполнения плавных сложнокоординированных движений (табл. 4).

Таблица 3
Соответствие уровня фоновых и контрольных значений показателей (в %) свойств внимания обследуемых (n=23)

Уровень	Свойство внимания								
	концентрация и устойчивость			избирательность			распределение		
	Фоновые значения	Контрольные значения	p	Фоновые значения	Контрольные значения	p	Фоновые значения	Контрольные значения	p
Низкий	57	50	≥0,05	36,2	31,9	≥0,05	13,8	12,1	≥0,05
Ниже среднего							44,8	44,2	≥0,05
Средний	37	42	≥0,05	63,8	68,1	≥0,05	41,4	43,7	≥0,05
Высокий	6	8	≥0,05						

Таблица 4
Соответствие уровня фоновых и контрольных показателей (в %) выполнения сложнокоординационных движений (n=23)

Уровень	выполнение сложнокоординационных движений					
	Правая рука			Левая рука		
	фоновые значения	контрольные значения	p	фоновые значения	контрольные значения	p
Значительные нарушения	31,4	26,3	≥0,05	58,1	52,8	≥0,05
Не значительные нарушения	12,3	18,8	≥0,05	19,2	21,5	≥0,05
Не выявлено	40,6	42,1	≥0,05	15,7	11,3	≥0,05
Амбивалентный показатель	15,7	12,8		7	14,4	

Фоновые значения показателей теппинг-теста всех обследуемых настоящего исследования выявил слабый тип нервной системы (табл. 5), что определяет недостаточную готовность к физической нагрузке.

Таблица 5
Соответствие уровня (в %) фоновых и контрольных показателей работоспособности обследуемых (n=23)

Уровень работоспособности	Показатели		
	фоновые	контрольные	p
значительное снижение	18,9	15,3	$\geq 0,05$
не значительное снижение	15,3	13,0	$\geq 0,05$
нижняя граница оптимальной работоспособности	65,8	67,7	$\geq 0,05$
оптимальная работоспособность		4	

Анализ полученных данных фоновых значений системы внешнего дыхания обследуемых студентов обуславливает характеристики нижней границы физиологической нормы данного возрастного периода по объёмно-временным показателям (табл. 6), возможности вентиляторной функции определены как умеренная степень выраженности нарушений, выявлены сниженные возможности дыхательной мускулатуры [8].

Таблица 6
Показатели вентиляторной функции и бронхиальной проходимости системы внешнего дыхания студентов, занимающихся рекреационным скалолазанием

Показатель	Фоновые	Контрольные
ЖЕЛ, (л)	4,12 ± 0,91	4,96 ± 0,97*
РО вд, (л)	2,78 ± 0,90	3,56 ± 1,16*
РО выд, (л)	2,28 ± 0,59	2,71 ± 0,62*
ДО, (л)	2,11 ± 0,44	2,48 ± 0,46*
ФЖЕЛ, (л)	3,13 ± 0,69	3,73 ± 0,72
ОФВ 1, (л)	3,15 ± 1,18	3,59 ± 1,25*
ПОС, (л/с)	8,45 ± 1,39	9,05 ± 1,53*
МОС 25, (л/с)	7,16 ± 0,39	7,70 ± 0,45
МОС 50, (л/с)	5,38 ± 0,42	5,96 ± 0,47*
МОС 75, (л/с)	2,52 ± 0,22	2,81 ± 0,23*

Примечание: уровень достоверности – * – $p \leq 0,05$

Так, фоновое значение показателя жизненной ёмкости легких обследуемых составил 75 % от должного значения. При этом, фракционные составляющие показателя ЖЕЛ имеют несущественные различия и снижены относительно должных значений. Дыхательный объём, до начала эксперимента составил 73 % от должного значения. Фоновые значения показателей мощности и объёма

форсированного выдоха не превышали 60 % от должных значений, определены незначительные нарушения бронхиальной проходимости на уровне мелких и средних бронхов.

Как известно, физическая деятельность способствует укреплению основных дыхательных мышц, что обуславливает повышение силы дыхательной мускулатуры [9]. Применение статических упражнений дыхательной гимнастики, подготовительной и заключительной части тренировочного занятия, оказывая тонизирующее действие на мышцы диафрагмы, брюшного пресса, межреберные мышцы, обуславливает физиологический уровень функционирования, что отразилось в повышении функциональных возможностей системы внешнего дыхания обследуемых студентов. Кроме того, физические упражнения подготовительной части занятий, с воздействием на группы мышц, являющимися вспомогательными дыхательными мышцами, обуславливают физиологический тонус дыхательной мускулатуры (рис. 1, 2).

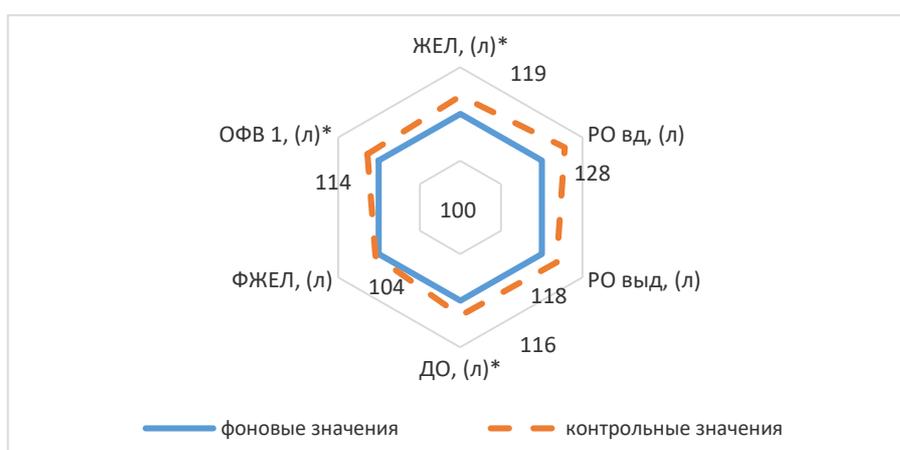


Рис. 1. Контрольные значения показателей (%) вентиляторной функции системы внешнего дыхания обследуемых, относительно фоновых значений (100 %)

Примечание: уровень достоверности –* – $p \leq 0,05$

Так, анализ данных, полученных по завершению эксперимента, характеризует повышение функциональных возможностей системы внешнего дыхания обследуемых, обуславливая потенциальные возможности вентиляции легких. Так, фактический показатель ЖЕЛ составил 88 % от должного значения ($p \leq 0,05$), глубина дыхания увеличилась на 16 % ($p \leq 0,05$). Отмечено повышение мощности дыхательной мускулатуры (0,2 л, $p \geq 0,05$), что отразилось в значении контрольного показателя форсированной ЖЕЛ обследуемых и составил 64 % от должного значения. В значения показателей фракционных составляющих жизненной ёмкости легких отмечена тенденция к повышению, однако, недостаточная продолжительность влияния дыхательной гимнастики тренировочных занятий

определяет изменения, не имеющих статистически достоверный характер. Значение показателя объема форсированного выдоха обследуемых студентов увеличился на 440 мл, что на 14 % ($p \leq 0,05$) выше фонового значения. Определено повышение показателя (660 мл), характеризующего силу дыхательных мышц, при этом, среднегрупповое значение составило $9,05 \pm 1,53$ л/с ($p \leq 0,05$). Выявлено повышение показателей, характеризующих возможности бронхиальной проходимости. Так, на уровне крупных бронхов отмечено повышение на 7,5 % ($p \leq 0,05$), на уровнях средних и мелких бронхов 10,7 % ($p \leq 0,05$) и 11,5 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Дыхательная гимнастика, направленная на освоение навыка диафрагмального типа дыхания, включает упражнения произвольного изменения параметров дыхания (частоты и глубины, соотношения вдоха и выдоха), тем самым оказывая влияние на состояние внутренней среды и функционирование ряда органов и систем организма [10]. Кроме того, по данным авторов Пуховской М. Н., Цуцаевой М. В., Климкиной Д. А. (2022) навык диафрагмального типа дыхания обуславливает повышение возможности моторной координации, уровня внимания и концентрации, способность регулировать эмоции и скорость обработки информации [11]. Дыхательная гимнастика в сочетании с идеомоторной тренировкой, являясь психорегулирующей техникой, определяет возможность предельно сосредоточивать внимание на выполняемой работе [9], тем самым обуславливая развитие аттенционных характеристик. Так, анализ контрольных значений основных свойств внимания обследуемых выявил изменения в соответствии уровня свойств, относительно фоновых значений (табл. 3), однако, при этом изменения показателей не имели статистически достоверный характер.

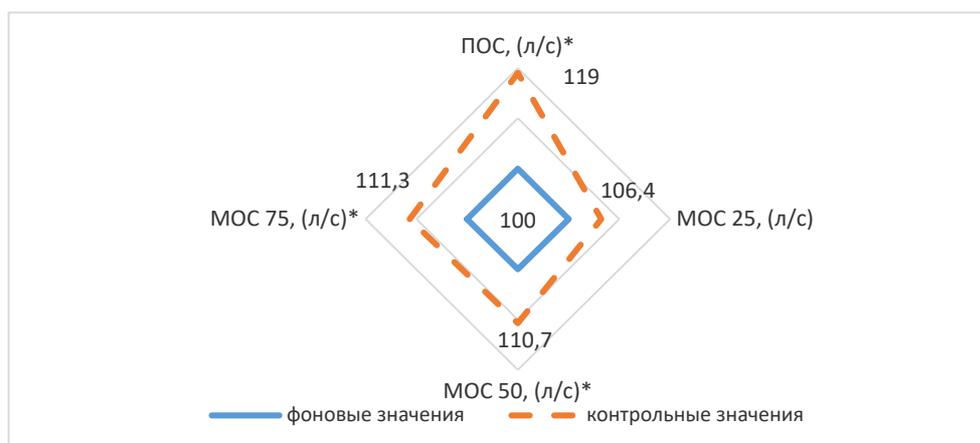


Рис. 2. Контрольные значения показателей (%) бронхиальной проходимости системы внешнего дыхания обследуемых, относительно фоновых значений (100 %)
Примечание: уровень достоверности – * – $p \leq 0,05$

Анализ данных контрольных значений показателей обследуемых, характеризующих качество моторной координации и способность регуляции

движения руки, выявил изменения соотношений уровня нарушений выполнения сложнокординационных движений, изменения показателей не имели статистически достоверный характер. (табл. 4).

Анализ данных контрольных значений показателей студентов, характеризующих силу нервных процессов, также соответствовал слабому типу нервной системы, однако, при этом выявлены изменения в соотношении уровня общей физической работоспособности (табл. 5), что определяет повышение степени готовности к физической нагрузке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ фоновых значений функционального состояния системы внешнего дыхания организма обследуемых студентов, занимающихся рекреационным скалолазанием, выявил соответствие объёмно-временных показателей нижней границе физиологической нормы данного возрастного периода, что определено в соответствие со значениями следующих показателей: ЖЕЛ составил $4,12 \pm 0,91$ л, выявлены снижение показателей, характеризующие возможности дыхательной мускулатуры ОФВ₁ $3,15 \pm 1,18$ л, ФЖЕЛ $3,13 \pm 0,69$ л и бронхиальной проходимости МОС₂₅ составил $7,16 \pm 0,39$ л/с, МОС₅₀ $5,38 \pm 0,42$ л/с, МОС₇₅ $2,52 \pm 0,22$ л/с. Анализ фоновых значений теппинг-теста выявил слабый тип нервной системы обследуемых, что отразилось в значениях соотношения уровня общей работоспособности, со значительным уровнем нарушения в 18,9 % случаев, с не значительным уровнем нарушения в 15,3 % случаев, что характеризуют недостаточную готовность к выполнению физической нагрузки. Анализ фоновых значений психофизиологического тестирования выявил недостаточное развитие качеств моторной координации, что отразилось в способности к регуляции выполнения сложнокординационных движений. Так, со стороны правой руки способность к выполнению движений со значительными и не значительными нарушениями выявлена, соответственно, в 31,4 % и 12,3 % всех случаев, не выявлены нарушения выполнения сложнокординационных движений в 40,6 % случаев. Со стороны левой руки выявлены способность к выполнению движений со значительными и не значительными нарушениями выявлена, соответственно, в 58,1 % и 19,2 % всех случаев, не выявлены нарушения выполнения сложнокординационных движений в 15,7 % случаев. Анализ attentionных характеристик выявил недостаточное развитие основных свойств внимания, что отразилось в соответствие уровня значений фоновых показателей. Так, низкий уровень по значениям показателей концентрации и устойчивости, избирательности и распределению внимания выявлен в 57 %, 36,2 % и 13,8 % всех случаев, соответственно, средний уровень данных показателей выявлен в 37 %, 63,8 % и 41,4 % всех случаев, соответственно.
2. Анализ данных, полученных в результате применения блока занятий рекреационным скалолазанием продолжительностью в 14 недель, характеризует расширение функциональных резервов системы внешнего дыхания

обследуемых студентов. Применение статических упражнений дыхательной гимнастики, направленной на освоение и закрепление навыка диафрагмального типа дыхания, в сочетании со специальными физическими упражнениями, обуславливало изменение таких показателей как фактический показатель ЖЕЛ, что повысился на 19 % ($p \leq 0,05$) и составил $4,96 \pm 0,97$ л, глубина дыхания увеличилась на 16 % ($p \leq 0,05$) относительно фоновых значений и составила $2,48 \pm 0,46$ л ($p \leq 0,05$), значение показателя объема форсированного выдоха составил $3,59 \pm 1,25$ л, что на 14 % ($p \leq 0,05$) выше относительно фоновых значений. Выявлено повышение показателей, характеризующих возможности бронхиальной проходимости. Так, на уровне крупных бронхов отмечено повышение на 7,5 % ($p \leq 0,05$), на уровнях средних и мелких бронхов 10,7 % ($p \leq 0,05$) и 11,5 % ($p \leq 0,05$), соответственно. Навык диафрагмального типа дыхания обуславливает повышение возможности моторной координации и повышение свойств аттенционных характеристик, что отразилось в изменениях соответствия уровня общей работоспособности, свойств внимания и способности выполнения сложнокоординационных движений. Однако, выявленные изменения не имели статистически достоверный характер, что обусловлено лимитированной продолжительностью применения предлагаемого блока занятий рекреационным скалолазанием.

Список литературы

1. Зыкун Ж. А. Значимость физической культуры для студентов в современном мире / Ж. А. Зыкун, А. И. Конон // Молодой ученый. – 2018. – № 46 (232). – С. 412–415.
2. Шептикина Т. С. Двигательная рекреация как системообразующий фактор организации физкультурно-оздоровительной работы / Т. С. Шептикина, Н. Н. Сентябрев, С. А. Шептикин // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2022. – Т. 7, № 2. – С. 99–107.
3. Фефилятьев С. А. Влияние скалолазания на развитие физических качеств человека / С. А. Фефилятьев, М. А. Чугин // Наука. – 2020. – №4 (58). – С. 180–183.
4. Методика тренинга полноты внимания для спортсменов высокого класса в пулевой и стендовой стрельбе : методические рекомендации / С. М. Рябцев, А. Л. Корепанов, О. Н. Кажарская, Т. А. Жмурова – Севастопольский государственный университет, кафедра «Физвоспитание и спорт». – Севастополь : СевГУ, 2021. – 88 с. – Текст : электронный.
5. Шаратских А. Ю. Особенности специальной физической подготовки спортсменов-скалолазов на тренировочном этапе (углубленной специализации) / А. Ю. Шаратских, И. И. Богатова // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2018. – №2. – С. 283–288.
6. Рябцев С. М. Оценка психофизиологического и функционального состояния студенток-баскетболисток в предсоревновательном периоде / Рябцев С. М., Жмурова Т. А. // Спортивная медицина: наука и практика. – 2022. – 12(4). – С. 87–92.
7. Рябцев С. М. Аттенционные характеристики спортсменов высокого класса, занимающихся пулевой и стендовой стрельбой / С. М. Рябцев, А. Л. Корепанов, О. Н. Кажарская, Т. А. Жмурова // Мир педагогики и психологии. – 2021. – №7. – С. 27–36.
8. Федоров В. Н. Особенности функционирования системы внешнего дыхания у студентов 17-22 лет, проживающих в неблагоприятных условиях Северного Казахстана / В. Н. Федоров // Вестник РУДН. Серия: экология и безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 4. – С. 41–48.
9. Фомин Н. А. Адаптация: общебиологические и психофизиологические основы : [монография] / Н. А. Фомин. – М.: Теория и практика физической культуры, 2003. – 383 с.
10. Гора Е. П. Физиологические эффекты произвольного управления дыханием: автореф. дис. ... докт.биол. наук / Е. П. Гора. – М., 1992. – 25 с.

11. Пуховская М. Н. Дыхательные техники для улучшения спортивных результатов / М. Н. Пуховская, М. В. Цуцаева, Д. А. Климкина. – М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. В.Г. Плеханова», 2022. – 123 с.

**ASSESSMENT OF THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL AND FUNCTIONAL
STATE OF THE BODY OF STUDENTS ENGAGED IN RECREATIONAL ROCK
CLIMBING**

Zhmurova T. A., Ryabtsev S. M.

*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: tazhmurova@mailsevsu.ru*

The relevance of this study is determined by the rapid growth of those wishing to engage in various types of motor recreation, in particular, recreational rock climbing. As a highly coordinated species, recreational rock climbing contributes to the development of attentional characteristics, sensory-motor reactions, causing an increase in the level of the psychophysiological state of the body. In this regard, the aim of the work is to determine the effectiveness of the influence of recreational climbing training sessions on the psychophysiological and functional state of the students' body. The present study involved 23 students of the main health group who had not previously engaged in recreational rock climbing. The experiment, lasting 14 weeks, was conducted in his spare time from the educational process. The training sessions were held twice a week for 90 minutes and included the preparatory (20 %), main (70 %) and final (10 %) parts. The block of the preparatory part consisted of special physical exercises and breathing exercises with the orientation of the skill of the diaphragmatic type of breathing. The main part of the lesson was overcoming artificial terrain of varying complexity of the climbing wall route. The block of the final part included the technique of psychoregulation using ideomotor training. The study of the psychophysiological and functional state of students was carried out according to generally accepted methods, using hardware and software complexes "NS-Psychotest" (LLC "Neurosoft", Russia) and "Valenta" (St. Petersburg, Russia), before the start (background values) and after the end (control values) of the experiment. Before the start of the experiment, indicators of the psychophysiological state of the body characterize insufficient readiness to perform physical activity. Thus, a weak type of nervous system was revealed in all surveyed students engaged in recreational rock climbing. Insufficient development of motor coordination qualities was reflected in violations of the ability to perform complex coordination movements. The low level of attentional characteristics determines the insufficient development of the basic properties of attention. Background indicators of the functional state of the external respiratory system characterize the compliance of volume-time indicators with the lower limit of the physiological norm of this age period, a moderate degree of severity of violations of ventilatory function and reduced respiratory musculature capabilities. The use of static exercises of respiratory gymnastics and special physical exercises, the preparatory and final part of the training session, having a tonic effect on the main and auxiliary

respiratory muscles determines the physiological level of functioning, which was reflected in an increase in the functionality of the external respiration system of the examined students. The analysis of the indicators of the functional capabilities of the external respiratory system obtained at the end of the experiment characterized an increase in pulmonary ventilation, the strength of the respiratory muscles and the possibility of bronchial patency. The analysis of the control values of the main properties of the attention of the examined revealed an increase in the level of attentional characteristics of the examined students, relative to the background values. The control values of the tapping test indicators characterized an increase in the level of general working capacity of students and the ability to perform complex coordination movements. These studies have proven the effectiveness of recreational rock climbing training sessions, which was reflected in increasing the functional reserves of the respiratory system, improving the quality of motor coordination and developing the basic qualities of attention. At the same time, it was determined that the effectiveness of the severity of the effect on the psychophysiological and functional state of recreational climbing training sessions is limited by the duration of the proposed complex.

Keywords: motor recreation, rock climbing, students, respiratory system, attentional characteristics, sensory-motor reactions.

References

1. Zykun J. A., Konon A. I. The importance of physical culture for students in the modern world. *Young Scientist*, **46 (232)**, 412 (2018).
2. Sheptikina T. S., Sentyabrev N. N., Sheptikin S. A. Motor recreation as a system-forming factor in the organization of physical culture and recreation work. *Physical culture. Sport. Tourism. Motor recreation*, **2, 7**, 99 (2022).
3. Fefilatyeve S. A., Chugin M. A. The influence of rock climbing on the development of human physical qualities. *Nauka*, **4 (58)**, 18 (2020).
4. Ryabtsev S. M., Korepanov A. L., Kazharskaya O. N., Zhmurova T. A. *Methods of attention completeness training for high-class athletes in bullet and bench shooting: methodological recommendations*, 88 p. (Sevastopol State University, Department of Physical Education and Sports. – Sevastopol : SevSU, 2021). [Electronic resource].
5. Sharatskikh A. Yu., Bogatova I. I. Features of special physical training of climbing athletes at the training stage (in-depth specialization). *Scientific notes of the P. F. Lesgaft University*, **2**, 283 (2018).
6. Ryabtsev S. M., Zhmurova T. A. Assessment of the psychophysiological and functional state of female basketball students in the pre-competition period. *Sports medicine: science and practice*, **12(4)**, 87 (2022).
7. Ryabtsev S. M., Korepanov A. L., Kazharskaya O. N., Zhmurova T. A. Attentional characteristics of high-class athletes engaged in bullet and bench shooting. *The world of pedagogy and psychology*, **7**, 27 (2021).
8. Fedorov V. N. Features of the functioning of the external respiration system in students 17–22 years old living in unfavorable conditions of Northern Kazakhstan. *Vestnik RUDN. Series: ecology and life safety*, **4**, 41 (2011).
9. Fomin N. A. *Adaptation: general biological and psychophysiological bases*. Monograph, 383 p. (M. : Theory and practice of physical culture, 2003). (In Russian).
10. Gora E. P. *Physiological effects of voluntary breathing control*: abstract. ... doctor of Biological Sciences, 25 p. (M., 1992).
11. Pukhovskaya M. N., Tsutsayeva M. V., Klimkina D. A. *Breathing techniques for improving athletic performance*, 123 p. (M. : Plekhanov Russian University of Economics, 2022). (In Russian).

УДК 612.1/.8

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-87-101

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ТЕЛА У ЛИЦ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ

Заячникова Т. В.

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

В статье представлены результаты исследования комплексного анализа состава тела у лиц юношеского возраста с разными типами пищевого поведения. Для выявления количественной и качественной оценки нарушения пищевого поведения, которые сопровождаются избыточной или недостаточной массой тела, был использован Голландский опросник пищевого поведения DEBQ. Для оценки компонентного состава тела лиц юношеского возраста использовали аппарат биоимпедансометрии АВС-01 «Медасс», который определяет следующие показатели: индекс массы тела, жировая масса тела, доля жировой массы тела, основной обмен и скелетно-мышечная масса. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что у юношей и девушек состав массы тела зависит от типа пищевого поведения. В целом можно заключить, что выявленные нарушения пищевого поведения у девушек и юношей не носят системный характер и могут быть легко скорректированы нормализацией режима питания и введении принципов здорового образа жизни в их ежедневную практику.

Ключевые слова: пищевое поведение, жировая масса тела, индекс массы тела, основной обмен, биоимпедансометрия.

ВВЕДЕНИЕ

Пищевое поведение (ПП) включает в себя отношение личности непосредственно к пище, к ее приему, модель питания в нормальных условиях и в условиях стресса, а также в целом поведение человека, ориентированное на образ собственного тела и деятельность по его формированию. На пищевое поведение влияют многие факторы, среди них выделяются: психологические, физиологические особенности, уровень жизни, семейные традиции и другие. [1]. Нарушение пищевого поведения (НПП) является одной из основных проблем не только в России, но и во многих других странах мира [2].

Характер питания является значимым фактором в формировании алиментарного статуса лиц в юношеском возрасте. Он включает в себя состояние пищеварительной системы и обмена веществ. Оптимальный алиментарный статус обеспечивает здоровье и хорошее самочувствие, а его нарушение может привести к различным заболеваниям [3].

В «Международной классификации психических болезней» (МКБ-11) расстройства питания и пищевого поведения описываются как психические и

поведенческие расстройства. Они дифференцируются на нервную анорексию, булимию и отдельно выделяют нарушения ПП (эмоциогенный, экстернальный и ограничительный типы) [4].

Согласно исследованиям, более половины населения страдает какими-либо нарушениями пищевого поведения. Это приводит к серьезным заболеваниям, таким как ожирение, диабет, сердечно-сосудистые заболевания и некоторые другие [5].

В связи с вышеизложенным, целью данного исследования явилось оценить состав тела у лиц юношеского возраста с разными типами пищевого поведения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование было проведено на базе Центра коллективного пользования «Экспериментальная физиология и биофизика» и кафедры физиологии человека и животных и биофизики Института биохимических технологий, экологии и фармации КФУ им. В. И. Вернадского, а также в лаборатории спортивной адаптации и энергетического метаболизма Института Медицинской академии им. С. И. Георгиевского.

В исследовании принимали участие юноши и девушки, в возрасте от 18 до 21 лет, условно здоровые, не имеющие хронических заболеваний. Для выявления количественной и качественной оценки НПП, которые сопровождаются избыточной или недостаточной массой тела, был использован Голландский опросник пищевого поведения DEBQ (англ. Dutch Eating Behavior Questionnaire, сокр. DEBQ) [6]. С помощью DEBQ можно выявить нарушения по ограничительному, эмоциогенному и экстернальному типам пищевого поведения. Респонденты в рамках нашего исследования заполняли опросник самостоятельно.

Опросник ПП DEBQ состоит из 33 утверждений, каждое из которых респондент должен оценить в отношении себя как «Никогда», «Редко», «Иногда», «Часто» и «Очень часто». 31-й вопрос анализируется в противоположных значениях. Количественное значение по шкале равно среднему арифметическому значению баллов по этой шкале. Вопросы 1–10 составляют шкалу ограничительного пищевого поведения (10 вопросов), вопросы 11–23 – шкалу эмоциогенного пищевого поведения (13 вопросов), вопросы 24–33 – шкалу экстернального пищевого поведения (10 вопросов)» [6].

Нормальные значения ограничительного, эмоциогенного и экстернального пищевого поведения для людей с нормальным весом составляют для мужчин 1,76, 1,69 и 2,63, для женщин 2,43, 2,03, 2,68 балла соответственно [7].

Используя результаты Голландского опросника DEBQ, юноши и девушки были распределены на 7 типов нарушения пищевого поведению (рис. 1).

Для оценки компонентного состав тела лиц юношеского возраста использовали аппарат биоимпедансометрия ABC-01 «Медасс», который определяет следующие показатели: индекс массы тела (ИМТ), жировая масса тела (ЖМТ), доля жировой массы (ДЖМ) тела, основной обмен (ОО) и скелетно-мышечная масса (СММ) [8].



Рис. 1. Типы нарушения пищевого поведения по Голландскому опроснику DEBQ.

Биоимпедансометрия (БИМ) основана на способности тканей, свободных от жира проводить электрический ток. Сопротивление тканей току зависит от содержания в них жидкости – ткань свободная от жира, с высоким содержанием воды, является хорошим проводником, а ткань, содержащая мало воды – является хорошим изолятором. Под жировой массой тела имеется в виду содержание всех липидов в организме человека – общая жировая масса тела [9, 10].

Исследование проводили в положении испытуемого лежа на спине на кушетке шириной не менее 85–90 см (для обеспечения возможности обследования тучных пациентов). Кушетку устанавливали так, чтобы расстояние между испытуемым и окружающими предметами составляло не менее 10 см. Во время обследования температура в помещении 22–25 °С. Процедура обследования начинается с антропометрических измерений. Определяют рост (стоя), массу тела (натошак), объемы талии и бедер. Конечности исследуемого находятся под углом в 45 ° по отношению к туловищу для того, чтобы минимизировать погрешности, связанные с прохождением электрического тока низкой частоты через разные сегменты тела.



Рис. 2. Схема расположения электродов для биоимпедансного анализа состава тела.

Одноразовые биоадгезивные электроды устанавливаются как показано на рис. 2. При этом на руке середина первого электрода крепится над сочленением костей предплечья и кисти, а другой располагается на 3–4 см дистальнее. На ноге – один серединой над сочленением костей голени и стопы, другой дистальнее на 3–5 см. Зажимы электродного кабеля крепятся к свободным от проводящего геля концам электродов, красные – к дистальным, черные – к проксимальным электродам. Дистальные электроды служат для подключения к пациенту цепи пропускания зондирующего тока, проксимальные – для подключения измерительной цепи анализатора.

Обработка результатов проводилась с использованием пакета программ «Статистика-8.0» и «MicrosoftExcel 2010». Проверку распределения данных на нормальность проводили с помощью теста Краскелла-Уоллиса на равенство средних значений двух и более групп. Поскольку этот анализ показал ненормальное распределение данных, то для анализа в дальнейшем использовался статистический тест Данна на множественные сравнения средних значений в несвязанных выборках. Статистически значимой принималась разница значений при $p \leq 0,05$. Результаты представлены как среднее \pm ошибка среднего.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение типов ПП по голландскому опроснику пищевого поведения у лиц юношеского пола было не одинаковым.

Из обследованных нами молодых людей, не страдали нарушениями пищевого поведения 20 % девушек и 10 % юношей. У обследованных нарушение ПП выявлены в различных комбинациях (рис. 3), с наибольшей частотой нарушение пищевого поведения по ограничительному типу встречается в два раза чаще у девушек (20 %), чем среди юношей (10 %). У юношей (50 %) встречается нарушение ПП по экстеральному типу, а среди девушек нарушение этого типа не встречалось в рамках нашего исследования. Сочетание нарушений пищевого поведения по экстеральному и эмоциогенному типам встречается в 10 % случаев у юношей и девушек. В нашем исследовании, у юношей не встречались сочетание НПП по сочетаниям эмоциогенного и ограничительного типов ПП и по сочетанию экстерального и ограничительного типов.

Основной задачей в ходе анализа результатов биоимпедансометрии в группах с различными типами НПП, является определение различия ИМТ, ЖМТ, ДЖМ тела, ОО, СММ в группах юношей и девушек.

Индекс массы тела — это значение, которое показывает соотношение массы тела человека и его роста. Он используется для оценки соответствия массы тела норме и определения степени ожирения или недостатка веса. Диапазон возрастных норм ИМТ (от 18 до 21 года) для юношей составляет от 20 до 25 кг/м², для девушек от 19 до 24 кг/м² [2, 10].

Жировая масса тела — это масса жировой ткани, находящейся в организме человека. Это один из факторов, влияющих на индекс массы тела и общее здоровье человека. Диапазон возрастных норм ЖМТ (от 18 до 21 года) для юношей составляет от 11 до 17 кг, для девушек от 18 до 24 кг. Диапазон возрастных норм

доли жировой массы тела (от 18 до 21 года) у юношей – 12–25 %, а у девушек 22–35 % [2, 10].

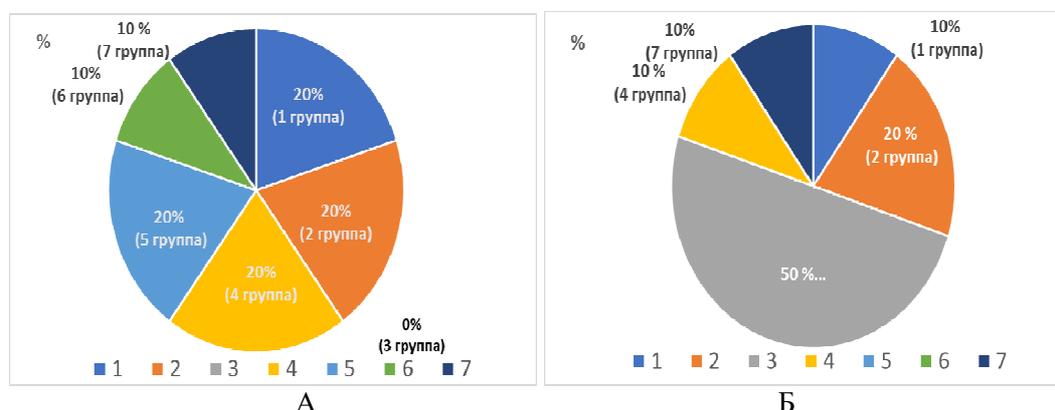


Рис. 3. Процентное соотношение распространенности нарушений пищевого поведения (ПП) у девушек (А) и юношей (Б).

Примечание: тип 1 – лица без нарушения пищевого поведения; тип 2 – лица с нарушением ПП по эмоциональному типу; тип 3 – лица с нарушением ПП по экстеральному типу; тип 4 – лица с нарушением ПП по ограничительному типу; тип 5 – лица с сочетанием нарушений по эмоциональному и ограничительному типам; тип 6 – лица с сочетанием нарушений по экстеральному и ограничительному типам; тип 7 – лица с сочетанием нарушений ПП по экстеральному и эмоциональному типам.

Основной обмен – это процесс обмена веществ, который обеспечивает гомеостаз. Диапазон возрастных норм ОО (от 18 до 21 года) у юношей – 1600–1700 ккал, у девушек – 1200–1500 ккал [2, 6].

Скелетно-мышечная масса — это показатель общей массы всех скелетных мышц в организме человека. Диапазон возрастных норм СММ (от 18 до 21 года) для девушек – от 21 до 33 кг, для юношей – от 33 до 45 кг [2].

Анализ результатов БИМ у юношей и девушек с различными типами пищевого поведения, показал, что у юношей без нарушения пищевого поведения (тип 1) все показатели соответствовали диапазону возрастной нормы. У девушек данной группы ИМТ, ЖМТ, ДЖМ – соответствовали диапазону возрастных норм, а СММ и ОО – был недостоверно ниже нормы, что свидетельствует об незначительном отклонении общего уровня метаболических процессов в организме (табл. 1).

Таким образом, у испытуемых без нарушений ПП (тип 1) практически все показатели входят в диапазон возрастной нормы и могут являться биологическим контролем для выборки испытуемых настоящего исследования.

Таблица 1

Значения показателей биоимпедансного исследования у юношей и девушек с различными типами пищевого поведения

Типы пищевого поведения	Индекс массы тела (кг/м ²)	Жировая масса тела(кг)	Доля жировой массы тела (%)	Основной обмен (ккал)	Скелетно мышечная масса (кг)
Юноши					
тип 1	22,8±1,0	15,8±3,5	19,4±1,1	1657,5±7,5	33,4±0,1
тип 2	18,1±0,5 p ₁ ≤0,05	7,2±0,6 p ₁ ≤0,05	10,2±1,2 p ₁ ≤0,05	1645,2±28,8	32,4±0,5
тип 3	22,2±0,5	10,5±0,3 p ₁ ≤0,05	14,5±0,3 p ₁ ≤0,05	1771,4±32,5	34,8±0,4
тип 4	26,6±0,6 p ₁ ≤0,05	21,4±0,5 p ₁ ≤0,05	26,05±1,1 p ₁ ≤0,05	1590,5±4,5	29,3±0,2
тип 5	0	0	0	0	0
тип 6	0	0	0	0	0
тип 7	28,5±0,5 p ₁ ≤0,05	26,8±1,1 p ₁ ≤0,05	28,8±1,1 p ₁ ≤0,05	1894±3,5 ↑ p ₁ ≤0,05	35,7±0,4
Девушки					
Типы пищевого нарушения	Индекс массы тела (кг/м ²)	Жировая масса тела(кг)	Доля жировой массы тела (%)	Основной обмен (ккал)	Скелетно мышечная масса (кг)
тип 1	20,5±0,3	16,6±0,3	25,1±1,4	1331,4±11,8	19,3±0,7
тип 2	18,9±0,6	18,3±1,0	25,2±1,9	1260,6±17,1	17,1±0,4
тип 3	0	0	0	0	0
тип 4	16,7±0,2 p ₁ ≤0,05	8,9±0,5 p ₁ ≤0,05	21,0 %±2,4 p ₁ ≤0,05	1250,4±11,02	20,0±0,4
тип 5	20,5±0,3	14,5±2,4	21,0±2,4 p ₁ ≤0,05	1315,5±38,0	20,0±0,4
тип 6	16,2±0,4 p ₁ ≤0,05	9,1±0,4 p ₁ ≤0,05	18,4±1,1 p ₁ ≤0,05	1214,9±12,5 p ₁ ≤0,05	18,5±0,3
тип 7	19,6±0,3	15,1±0,8	25,4±2,0	1249,6 ±7,0	19,0 ±0,2

Примечание: типы пищевого поведения–аналогично рисунку 3.

достоверность различий p₁ ≤0,05 по тесту Данна в сравнении с типом 1 – лица без нарушений пищевого поведения.

У девушек с нарушением пищевого поведения по эмоциогенному типу (тип 2) показатели БИМ приблизились к значениям первого типа и соответствовали возрастным нормам.

У юношей с нарушением ПП по эмоциогенному типу (тип 2) наблюдалось снижение некоторых показателей БИМ: ИМТ составил 78,3 % ($p_1 \leq 0,05$), ЖМТ – 45,4 % ($p_1 \leq 0,05$), ДЖМ – 52,5 % ($p_1 \leq 0,05$) по сравнению с таковыми у типа 1, при этом значения ОО и СММ достоверно не отличались.

Эмоциогенное пищевое поведение у юношей является ответной реакцией на стресс. Часто потеря аппетита является реакцией на злость, переживания, однако отдельные люди реагируют на такие эмоции избыточным потреблением пищи. Можно предположить, что юноши второй группы уменьшают потребление пищи во время стрессовых нагрузок.

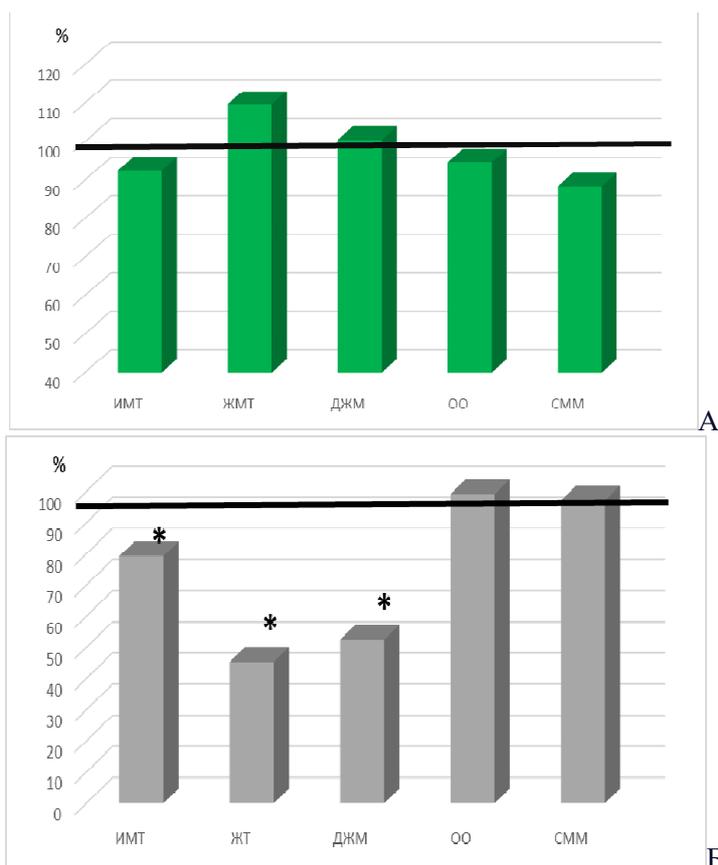


Рис. 4. Показатели биоимпедансометрии у девушек (А) и юношей (Б) с нарушением пищевого поведения по эмоциогенному типу, относительно значений данного показателя у лиц без нарушений пищевого поведения (тип 1), принятых за 100 %.

Примечание: ИМТ – индекс массы тела, ЖМТ – жировая масса тела, ДЖМ – доля жировой массы тела, ОО – основной обмен, СММ – скелетно-мышечная масса.

* – достоверность различий $p \leq 0,05$ по тесту Данна в сравнении с типом 1 – лица без нарушений пищевого поведения.

Эмоциогенный тип ПП-это состояние, когда человек использует еду в качестве способа справиться с эмоциональными проблемами. Люди такого типа могут переесть при стрессе, тревоге, грусти и одиночестве. Они обращаются к еде, чтобы снять напряжение и успокоиться. Зачастую испытывают чувство вины и стыда после переедания. Данный тип пищевого поведения может привести к голоданию. Например, если человек использует еду в качестве способа справиться со своими эмоциональными проблемами и переедает при стрессе, то в период отсутствия стресса он может снизить свой аппетит и не хотеть есть вообще. Некоторые люди, наоборот, могут проявлять реакцию на стресс, не употребляя пищу [11].

У юношей с нарушением пищевого поведения по экстеральному типу (тип 3) показатели биоимпедансного исследования в абсолютных единицах относительно группы без нарушения пищевого поведения (тип 1) показатели ЖМТ и ДЖМ достоверно уменьшились (см. табл. 1) и составили 66,5 % ($p_1 \leq 0,05$) и 75,2 % ($p_1 \leq 0,05$) соответственно, а ИМТ (97,4 %), ОО (106,9 %), СММ – 107,1 % приблизились к значениям первой группы (рис. 5).

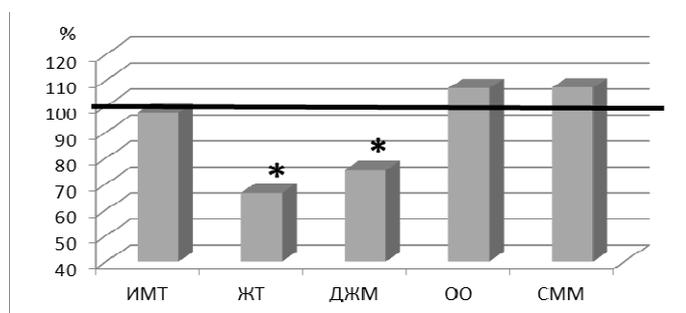


Рис. 5. Показатели биоимпедансометрии у юношей с нарушением пищевого поведения по экстеральному типу относительно значений данного показателя у лиц без нарушений пищевого поведения (тип 1), принятых за 100 %.

Примечание: здесь и далее обозначения как на рис. 4.

У девушек нарушения пищевого поведения данного типа, по результатам голландского опросника DEBQ не выявлено.

Экстеральный тип пищевого поведения характеризуется тем, что человек ест из-за внешних факторов, таких как сам факт наличия еды, социальное давление, реклама. Эти люди не обращают внимание на свои физиологические потребности и могут переесть, даже если уже насытились, то есть легко могут поддаваться искушению и съесть больше, чем нужно. Данный тип пищевого поведения связан с развитием ожирения и других заболеваний, связанных с питанием [12].

Показатели биоимпедансного исследования у девушек с НПП по ограничительному типу (4 тип), относительно типа 1 достоверно уменьшились (см. табл. 1). Так, ИМТ, ЖМТ и ДЖМ составили 82 % ($p_1 \leq 0,05$), 53,4 % ($p_1 \leq 0,05$) и 83,7 % ($p_1 \leq 0,05$) соответственно. Значения показателей основного обмена и

скелетно-мышечной массы составляли 93,9 % и 90,8 %, то есть приближались к значениям типа без нарушений пищевого поведения (рисунок 6, А).

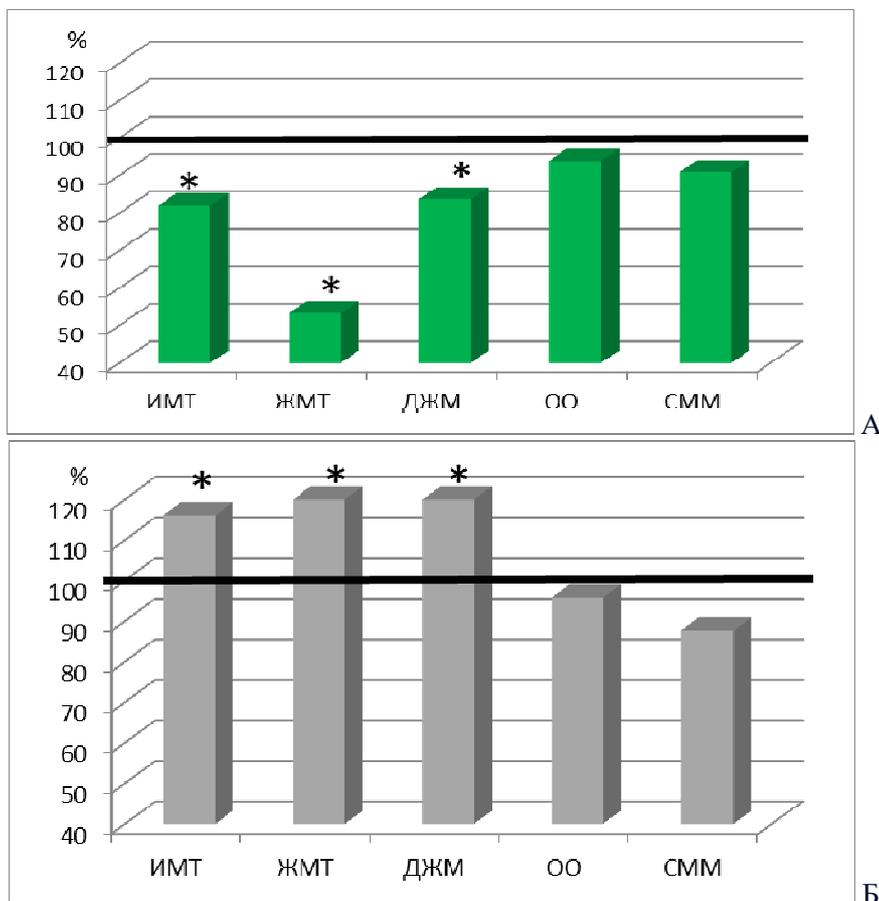


Рис. 6. Показатели биоимпедансометрии у девушек (А) и у юношей (Б) с нарушением пищевого поведения по ограничительному типу относительно значений данного показателя у лиц без нарушений пищевого поведения (тип 1), принятых за 100 %.

Показатели БИМ у юношей с нарушением пищевого поведения по ограничительному типу (тип 4), показала достоверное увеличение показателей ИМТ – 116,2 % ($p_1 \leq 0,05$), ЖМТ – 135,4 % ($p_1 \leq 0,05$), ДЖМ – 134,7 % ($p_1 \leq 0,05$) относительно типа 1 у юношей (см. табл. 1). Величины основного обмена и скелетно-мышечной массы были приближены к значениям типа 1 и составляли – 96 % и 87,7 % соответственно (рис. 6, Б).

Ограничительный тип поведения у юношей характеризуется тем, что человек ограничивает свой рацион в попытке контролировать свой вес или избежать чувства вины за употребление пищи. Люди, страдающие от этого расстройства, могут

ограничивать количество пищи, которое они едят, пропускать приемы пищи или выбирать только определенные продукты. Это расстройство может привести к недостатку питательных веществ. Как следствие, возникает анемия, ослабление иммунной системы и другие нарушения. Кроме того, это расстройство приводит к психологическим проблемам [12].

У девушек с нарушением пищевого поведения с сочетанием НПП по эмоциогенному и ограничительному типам (тип 5) по результатам БИМ (см. табл. 1). Относительно первого типа у девушек показатели ДЖМ тела достоверно ниже 83,9 % ($p_1 \leq 0,05$), а показатели индекса массы тела (100 %), основного обмена (98,8 %) и скелетно-мышечной массы (103,8 %) соответствовали типу без НПП (рис. 7).

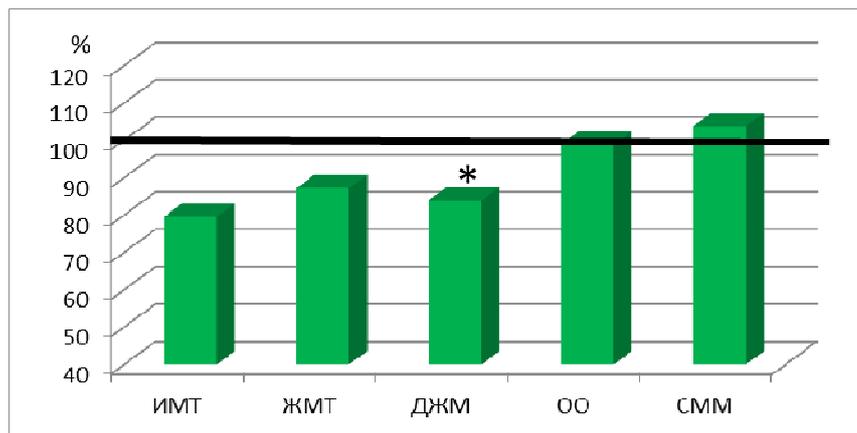


Рис. 7. Показатели биоимпедансометрии у девушек с сочетанием нарушений пищевого поведения по эмоциогенному и ограничительному типам относительно значений данного показателя у лиц без нарушений пищевого поведения (тип 1), принятых за 100 %.

У исследуемых юношей сочетания нарушений пищевого поведения по эмоциогенному и ограничительному типу не выявлено.

У девушек с сочетанными нарушениями пищевого поведения по экстернальному и ограничительному типам (тип 6), относительно типа без нарушения пищевого поведения достоверно уменьшились (см. табл. 1) и составили: ИМТ – 79,5 % ($p_1 \leq 0,05$), ЖМТ – 54,4 % ($p_1 \leq 0,05$), ДЖМ – 73,6 % ($p_1 \leq 0,05$), ОО – 91,2 % ($p_1 \leq 0,05$), а показатель СММ был приближен к значениям первого типа 95,7 % (рис. 6).

Данный тип нарушения пищевого поведения характеризуется тем, что девушка бросается в крайности: с одной стороны, активно реагирует на внешние стимулы (при виде еды на столе, человека, который ест что-то вкусное, красочной рекламы продукта) не из-за чувства голода, а из-за недостаточного чувства насыщения. Однако, через некоторое время девушка стремится контролировать свой вес, «сбросить» те калории, которые она набрала во время проявления экстернального пищевого поведения, даже может придерживаться строгих диет и даже голода. Чередуясь, эти два нарушения пищевого поведения изнуряют организм и не приводят

к снижению веса, как это ожидалось. Расстройство данного типа может быть вызвано не только физическими факторами, но и психологическими проблемами [13].

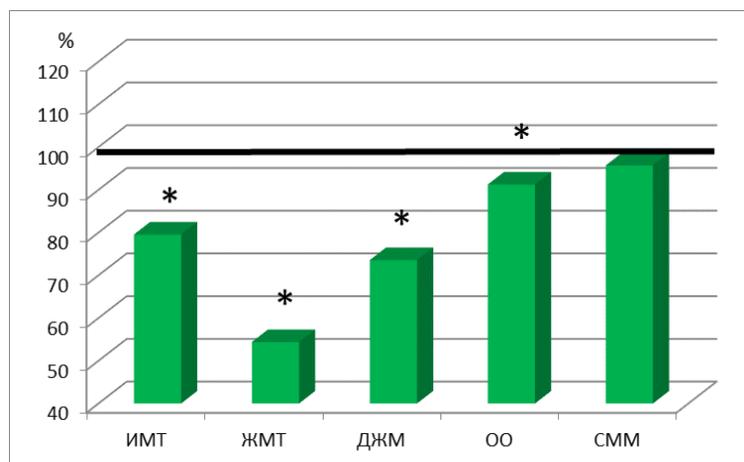


Рис. 8. Показатели биоимпедансометрии у девушек с сочетанием нарушений пищевого поведения по экстернальному и ограничительному типам относительно значений данного показателя у лиц без нарушений пищевого поведения (тип 1), принятых за 100 %.

У исследуемых юношей сочетания нарушений пищевого поведения по экстернальному и ограничительному типу, по результатам опросника DEBQ не выявлено.

При анализе БИМ у девушек с сочетанием нарушений пищевого поведения по экстернальному и эмоциогенному типам (тип 7) достоверных изменений относительно таковых показателей у девушек первого типа не наблюдалось (табл. 1, рис. 8, А).

У юношей с сочетанием нарушений пищевого поведения по экстернальному и эмоциогенному типам (тип 7) (табл. 1) относительно значений первого типа достоверно выше и составили: ИМТ – 125 % ($p_1 \leq 0,05$), ЖМТ – 169,6 % ($p_1 \leq 0,05$), ДЖМ – 148,9 % ($p_1 \leq 0,05$) и ОО – 114 % ($p_1 \leq 0,05$). Показатель СММ был не достоверно выше первого типа (106,9 %) (рис. 8-Б).

Сочетание нарушений пищевого поведения по экстернальному и эмоциогенному типу, характеризуется тем, что юноша ест не из-за голода, а из-за внешних факторов: запах пищи, яркая реклама или, когда юноша находится в компании (социальная обстановка). Люди, страдающие от этого расстройства, могут иметь привычку переесть, употреблять большие порции и находиться в состоянии «постоянного перекусывания». К проявлениям данного расстройства присоединяются и характеристики, присущие эмоциогенному типу ПП: когда человек употребляет пищу в ответ на свое эмоциональное состояние. Например, в случае стресса или усталости употребляет большое количество сладкой или жирной пищи, а в случае приподнятого настроения или в случае успеха в каком-то деле «поощряет» себя очередным лакомством в огромных порциях.

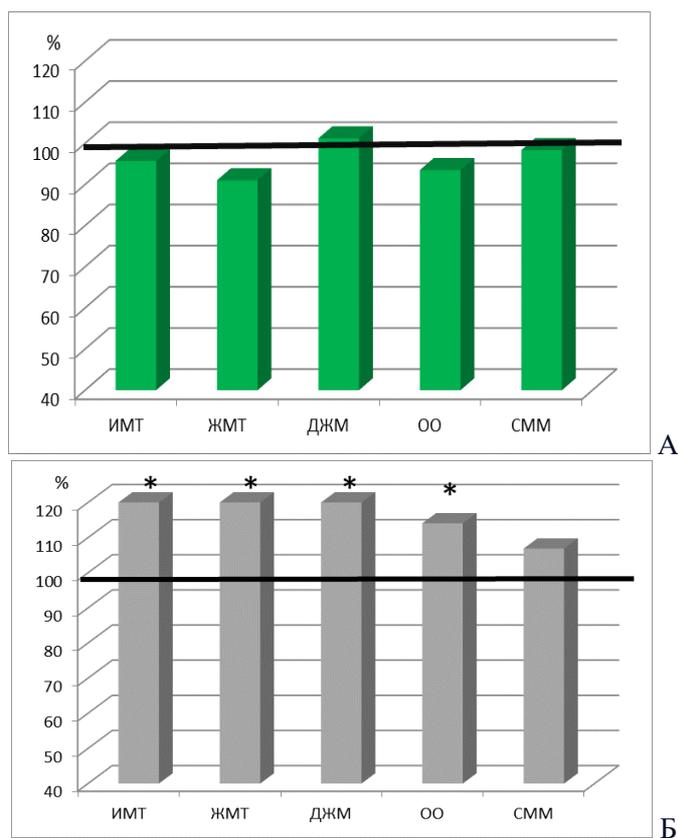


Рис. 9. Показатели биоимпедансометрии у девушек (А) и у юношей (Б) с сочетанием нарушений пищевого поведения по экстернальному и эмоциогенному типам относительно значений данного показателя у лиц без нарушений пищевого поведения (тип 1), принятых за 100 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты настоящего исследование свидетельствует о том, что у юношей и девушек состав массы тела зависит от типа пищевого поведения. У юношей встречаемость типа без нарушений пищевого поведения составляет 10 %, а у девушек 20 %.

У юношей снижение уровня эмоциогенного (тип 2) и экстернального (тип 3) пищевого поведения и возрастание уровня ограничительного (тип 4) пищевого поведения, сопровождающееся постепенным снижением массы тела, свидетельствует о формировании правильного пищевого стереотипа, что, в свою очередь, может явиться предиктором стойкого снижения веса или его стабилизации и предотвращения рецидивов набора массы тела.

У девушек с НПП по ограничительному (тип 4) и с сочетанием нарушений по экстернальному и ограничительному (тип 6) типом пищевого поведения

зарегистрировано снижение показателей БИМ. Характеристиками данных типов нарушений ПП являются бессистемные строгие диеты, пищевые самоограничения приводят к эмоциональной нестабильности с развитием в дальнейшем целого симптомокомплекса психических расстройств, которым дали название «диетическая депрессия». При голодании или при соблюдении низкокалорийных диет (менее 1200 ккал/сутки) наблюдается истощение «энергетического резерва» организма, выход гликогена из жировых депо, что действует на организм как «стрессорный фактор». Эмоциональный и физический дискомфорт приводят к отказу от соблюдения диет и организм начинает восполнение утраченных резервов, чаще в гораздо большем объеме, чем было необходимо [14].

В целом можно заключить, что выявленные нарушения пищевого поведения у девушек и юношей не носят системный характер и могут быть легко скорректированы нормализацией режима питания и введении принципов здорового образа жизни в их ежедневную практику.

Список литературы

1. Малкина-Пых И. Г. *Терапия пищевого поведения: справочник практического психолога* / И. Г. Малкина-Пых. – М.: Эксмо, 2007. – 1040 с.
2. Михайлова А. П. Пищевое поведение в норме, в условиях стресса и при патологии: библиографический обзор / А. П. Михайлова, А. В. Штрахова // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология»*. Челябинск. – 2018. – Т. 11, № 3. – С. 80–95.
3. Блинова Е. Г. Особенности пищевого поведения и восприятия образа тела девушек и юношей / Е. Г. Блинова, И. С. Акимова, О. С. Богунова, М. Г. Чеснокова, Л. В. Демакова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 2-1. – С. 61.
4. Михайлова А. П. Пищевое поведение в норме, в условиях стресса и при патологии: библиографический обзор / Михайлова А. П., Штрахова А. В. // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Психология»*. – Челябинск, 2018. – Т. 11, № 3. – С. 80–95.
5. Вахмистров, А. В. Клинико-психологический анализ нарушений пищевого поведения при ожирении / А. В. Вахмистров, Т. Г. Вознесенская, С. И. Посохов // *Журн. неврологии и психиатрии*. – 2001. – №12. – С. 19–24.
6. Тарабрина Н. В. *Практикум по психологии посттравматического стресса* / В. А. Тарабрина. – СПб.: Питер, 2001. – С. 272.
7. Stewart T. M. The Complicated Relationship between Dieting, Dietary Restraint, Caloric Restriction, and eating disorders: Is a Shift in Public Health Messaging Warranted? / T. M. Stewart, C. K. Martin, D. A. Williamson // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. – 2022. – Vol. 19, №1. – P. 491.
8. Руднев С. Г. Биоимпедансное исследование состава тела населения России / С. Г. Руднев, Н. П. Соболева, С. А. Стерликов, Д. В. Николаев, О. А. Старунова, С. П. Черных, Т. А. Ерюкова, В. А. Колесников, О. А. Мельниченко, Е. Г. Пономарева. – М.: РИО ЦНИИОИЗ, 2014. – 8 с.
9. Хрущёва Ю. В. Верификация и описание возрастной изменчивости биоимпедансных оценок основного обмена / Ю. В. Хрущёва, А. Д. Зубенко, Е. С. Чедия, О. А. Старунова, Т. А. Ерюкова, Д. В. Николаев, С. Г. Руднев // *Сб. тр. науч.- практ. конф. «Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы»*. – М., 2009. – С. 353–357.
10. Филатова О. В. Психологические, морфологические и диетические аспекты нарушений пищевого поведения юношей / О. В. Филатова, Е. В. Куцева, И. Ю. Воронина // *Ожирение и метаболизм*. – 2022. – Т. 19, №2. – С. 171–179.
11. Mc Cuen-Wurst C. Disordered eating and obesity: associations between binge-eating disorder, night-eating syndrome, and weight-related comorbidities / C. Mc Cuen-Wurst, M. Ruggieri, K. C. Allison // *Ann N Y Acad Sci*. – 2018. – Vol 1411, №1. – P. 96–105.

12. Opwis M. Gender differences in eating behavior and eating pathology / M. Opwis, J. Schmidt, A. Martin, C. Salewski // The mediating role of rumination, *Appetite*. – 2016. – Vol. 110. – P. 103–107.
13. Earthman C. P. Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis / Earthman C. P. // *Clin. Nutr.* – 2004. – Vol. 23. – P. 1226–1243.
14. Zhang J. The relationship between emotional intelligence and eating disorders or disordered eating behaviors: A meta-analysis / J. Zhang, Y. Wang, C. Wu, J. He // *Personality and individual differences*. – 2022. – Vol. 185, № 2.

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF BODY COMPOSITION IN ADOLESCENTS WITH DIFFERENT TYPES OF EATING BEHAVIOR

Zayachnikova T. V.

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

Eating behavior includes the attitude of a person directly to food, to its intake, a model of nutrition under normal conditions and under stress, as well as human behavior in general, focused on the image of one's own body and activities for its formation. Eating behavior is influenced by many factors, among them are: psychological, physiological characteristics, standard of living, family traditions and others. Eating disorders are one of the main problems not only in Russia, but also in many other countries of the world. The nature of nutrition is a significant factor in the formation of the alimentary status of persons in adolescence. It includes the state of the digestive system and metabolism. Optimal alimentary status ensures health and well-being, and its violation can lead to various diseases. In connection with the above, the purpose of this study was to evaluate the body composition of young people with different types of eating behavior.

The study involved boys and girls aged 18 to 21 years, conditionally healthy, without chronic diseases. The Dutch DEBQ Eating Behavior Questionnaire (Dutch Eating Behavior Questionnaire, abbreviated DEBQ) was used to identify the quantitative and qualitative assessment of NPIs that are accompanied by overweight or underweight. With the help of DEBQ, it is possible to identify violations of restrictive, emotionogenic and external types of eating behavior. The respondents in our study filled out the questionnaire on their own.

The results of this study indicate that the composition of body weight in boys and girls depends on the type of eating behavior. In boys, the occurrence of the type without eating disorders is 10 %, and in girls it is 20 %. In young men, a decrease in the level of emotionogenic (type 2) and external (type 3) eating behavior and an increase in the level of restrictive (type 4) eating behavior, accompanied by a gradual decrease in body weight, indicates the formation of a correct food stereotype, which, in turn, can be a predictor of persistent weight loss or its stabilization and prevention of relapses. body weight.

In girls with eating disorders of restrictive (type 4) and with a combination of disorders of external and restrictive (type 6) type of eating behavior, a decrease in BIM indicators was registered. The characteristics of these types of eating disorders are

unsystematic strict diets, dietary self-restrictions lead to emotional instability with the further development of a whole symptom complex of mental disorders, which were given the name "dietary depression". When fasting or following low-calorie diets (less than 1200 kcal / day), there is a depletion of the body's "energy reserve", the release of glycogen from fat depots, which acts on the body as a "stress factor". Emotional and physical discomfort lead to the abandonment of dieting and the body begins to replenish lost reserves, often to a much greater extent than it was.

In general, it can be concluded that the identified eating disorders in girls and boys are not systemic in nature and can be easily corrected by normalizing the diet and introducing the principles of a healthy lifestyle into their daily practice.

Keywords: eating behavior, body fat mass, body mass index, basal metabolism, bioimpedance.

References

1. Malkina-Pykh I. G. *Therapy of eating behavior: handbook of a practical psychologist*, 1040 p. (M.: Eksmo, 2007).
2. Mikhailova A. P., Strakhova A. V. Eating behavior in normal conditions, under stress and in pathology: a bibliographic review, *Bulletin of SUSU. The series "Psychology"*, **11**, 3, 80 (Chelyabinsk, 2018).
3. Blinova E. G., Akimova I. S., Bogunova O. S., Chesnokova M. G., Demakova L. V. Features of eating behavior and perception of the body image of girls and boys, *Modern problems of science and education*, **2-1**, 61 (2015).
4. Mikhailova A. P., Strakhova A. V. Eating behavior in normal, under stress and in pathology: a bibliographic review, *Bulletin of SUSU. The series "Psychology"*, **11**, 3, 80 (Chelyabinsk, 2018).
5. Vakhmistrov A. V., Voznesenskaya T. G., Posokhov S. I. Clinical and psychological analysis of eating disorders in obesity, *Journal of Neurology and Psychiatry*, **12**, 19 (2011).
6. Tarabrina N. V. *Practicum on the psychology of post-traumatic stress*, 272 (St. Petersburg: Peter, 2001).
7. Stewart T. M., Martin C. K., Williamson D. A. The Complicated Relationship between Dieting, Dietary Restraint, Caloric Restriction, and eating disorders: Is a Shift in Public Health Messaging Warranted? *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **19**, 1, 491. (2022).
8. Rudnev S. G., Soboleva N. P., Sterlikov S. A., Nikolaev D. V., Starunova O. A., Chernykh S. P., Yeryukova T. A., Kolesnikov V. A., Melnichenko O. A., Ponomareva E. G. *Bioimpedance study of the body composition of the Russian population*, 8 p. (M.: RIO TSNIIOIZ, 2014).
9. Khrushcheva Yu. V., Zubenko A. D., Chediya E. S., Starunova O. A., Yeryukova T. A., Nikolaev D. V., Rudnev S. G. *Verification and description of age-related variability of bioimpedance estimates of basal metabolism*, Sb. tr. nauch. - practical conf. "Diagnosis and treatment of disorders of the regulation of the cardiovascular system", 353 (M., 2009).
10. Filatova O. V., Kutseva E. V., Voronina I. Y. Psychological, morphological and dietary aspects of eating disorders in young men, *Obesity and metabolism*, **19**, 2, 171 (2022).
11. Mc Cuen-Wurst C., Ruggieri M., Allison K. C. Disordered eating and obesity: associations between binge-eating disorder, night-eating syndrome, and weight-related comorbidities, *Ann N Y Acad Sci.*, **1411**, 1, 96 (2018).
12. Opwis M., Schmidt J., Martin A., Salewski C. Gender differences in eating behavior and eating pathology, *The mediating role of rumination, Appetite*, **110**, 103 (2016).
13. Earthman C. P., Body composition during growth in children: limitations and perspectives of bioelectrical impedance analysis, *Clin. Nutr.*, **23**, 1226 (2004).
14. Zhang J., Wang Y., Wu C. He The relationship between emotional intelligence and eating disorders or disordered eating behaviors: A meta-analysis, *Personality and individual differences*, **185**, 2 (2022).

УДК 612.821

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-102-112

КАПИЛЛЯРОСКОПИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИНДЕКСА СТРЕССА У ОБУЧАЮЩИХСЯ

Ибрагимова Э. Э.

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

В статье представлены результаты исследования психофизиологического состояния студенток первого курса на основании оценки уровня стресса и состояния периферического кровообращения при напряжении регуляторных механизмов нервной системы, обусловленных как учебными нагрузками, так и завершающими этапами физиологического созревания организма. Установлено, что у большей части обследованных девушек (56,2 %) отмечалось напряжение регуляторных механизмов, проявляющееся в увеличении индекса стресса в сравнении с референтными значениями. Обнаружено, что при повышенных показателях индекса стресса увеличивается частота изменений периферического кровообращения, диагностируемая на основании биомикроскопии эпонихия ногтевого ложа и проявляющаяся в изменении морфологии капилляров.

Ключевые слова: фотоплетизмография, капилляроскопия, студентки, капилляры, индекс стресса, регуляторные механизмы.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема взаимосвязи учебного процесса и индивидуальных психофизиологических параметров обучающегося с каждым десятилетием приобретают большую актуальность, обусловленную снижением уровня здоровья детей, подростков и студенческой молодежи [1, 2]. Данная проблема требует серьезной научной проработки, выявлению причин и факторов, обуславливающих негативную тенденцию и поиск ее решения [3]. Причины, приводящие к снижению уровня здоровья и, как следствие, качеству жизни многообразны. В данной связи важно понять какие именно факторы в процессе обучения могут негативно отражаться на психофизиологическом состоянии обучающихся. На наш взгляд, их можно разделить на две основные категории: физиологические и социальные (рис. 1). Как видно из представленной блок-схемы, учебные нагрузки, межличностные взаимоотношения участников образовательного процесса, несоблюдение режима отдыха, питания, элементарных правил здорового образа жизни могут привести к напряженному эмоциональному состоянию и психологическому прессингу, провоцирующему напряжение регуляторных систем организма обучающегося и развитие стрессовой ситуации [4, 5]. Стресс обуславливает физиологический дисбаланс между адренергическими и холинергическими системами, приводящий к

расстройством или срывом адаптации, негативно отражающимся на функционировании нервной, иммунной и эндокринной систем и последующему риску развития различных заболеваний [2, 6]. Это подтверждается данными ряда исследователей, отмечающими рост заболеваемости обучающихся по мере перехода от одной ступени образования к последующей [1, 7, 8].



Рис. 1. Блок-схема особенностей взаимодействия и взаимовлияния физиологических и социальных факторов в образовательном процессе.

Учитывая вышеизложенное, можно прийти к заключению, что мониторинговые исследования функционального состояния обучающихся имеют важное значение, так как позволяют выявить скрытые преморбидные состояния и принять соответствующие меры для предупреждения серьезных психофизиологических нарушений. В данном контексте весьма перспективны неинвазивные методы диагностики функционального состояния, позволяющие без внедрения в организм получить объективную и достоверную информацию о его состоянии [9]. В этой связи **цель** настоящего **исследования** заключалась в оценке психофизиологического состояния студентов 1 курса на основании оценки индекса стресса и показателей состояния микроциркуляторного русла. Выбор обучающихся 1 курса обусловлен тем, что данная категория молодых людей наиболее уязвима к негативному влиянию учебных нагрузок [10], для них характерен сложный период адаптации к новым условиям и требованиям высшей школы [2, 3, 5, 6, 8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании, проведенном в межсессионный период, приняли участие 32 студентки первого курса факультета психологии и педагогического образования. Согласно принципам Хельсинской декларации обследуемые были проинформированы о цели и задачах исследования и согласились на участие в нем. Уровень стресса у обследуемых первокурсниц определяли на диагностическом приборе «АнгиоСкан-01П» (Россия), позволяющем на основе пальцевой фотоплетизмографии определить ряд показателей сердечно-сосудистой системы (ССС), включая индекс стресса (ИС), имеющий важное практическое значение в выявлении [11] и ранней диагностике сердечно-сосудистых нарушений [12]. Данный показатель отражает вариабельность сердечного ритма и состояние центров регуляции ССС [11]. В норме ИС = 50–150, при физических нагрузках, хронической усталости, возрастных изменениях отмечается увеличение данного показателя от 150 до 500. При заболеваниях ССС, психофизиологическом переутомлении (стрессе), ИС может достигать 900, а более высокие показатели (ИС > 900) сигнализируют о нарушении регуляторных механизмов или являются предикторами серьезных нарушений ССС [13]. Запись фотоплетизмограммы первокурсниц проводили в положении сидя в расслабленном состоянии, с закрытыми глазами путем наложения аппарата на дистальную фалангу указательного пальца, время записи – 5 минут.

Периферическое кровообращение изучали путем капилляроскопии эпонихия ногтевого ложа *in vivo*. Сущность данного неинвазивного метода диагностики микроциркуляторного русла проксимального отдела ногтевого ложа заключается в том, что проходящий под прямым углом свет позволяет увидеть капилляры сосочкового слоя дермы, оценить их морфологию, выявить нарушения. Для более качественной визуализации архитектоники капилляров на область эпонихия наносили тонкий слой иммерсионного масла, способствующего увеличению прозрачности и снижению отражения [14]. Оценку состояния капилляров эпонихия проводили *in vivo* на микроскопе Bresser (200x) с видеокамерой. В соответствии с рекомендациями [14, 15], перед проведением диагностики все испытуемые на протяжении 20–25 минут отдыхали и не занимались никакой деятельностью, также всем участникам исследования было рекомендовано воздержаться от употребления никотин- и кофеин-содержащих продуктов за сутки перед исследованием. Девушки, которые в последние две недели проводили косметические манипуляции с ногтями, затрагивающими эпонихий ногтевого ложа, к исследованию не допускались. При проведении неинвазивной диагностики обследуемые находились в положении сидя с закрытыми глазами в помещении с температурой воздуха 22,5–24 °С с расположением левой руки на уровне сердца [14, 15]. Капилляроскопию осуществляли на 4-х пальцах (II, III, IV, V).

Характер распределения полученных экспериментальных данных осуществляли при помощи критерия Шапиро-Уилка. Результаты оценки индекса стресса представляли как среднее \pm стандартное отклонение ($M \pm \sigma$), значимость отличий которых устанавливали при помощи t-критерия Стьюдента. В качестве

критического уровня значимости (p) при анализе статистических гипотез принимали значение меньше 0,05.

Оценку достоверности полученных данных капилляроскопии осуществляли с использованием непараметрического φ^* -критерия углового преобразования Фишера, позволяющего анализировать не только количественные показатели, но и качественные признаки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования позволили установить напряженность регуляторных систем испытуемых девушек, что подтверждается показателями индекса стресса, превышающими пороговые значения нормы, в частности, величина среднего значения показателя индекса стресса составила $194,6 \pm 22,7$. При анализе полученных показателей были обнаружены внутригрупповые отличия, согласно которым обследуемые были условно разделены на три группы. К первой группе были причислены девушки (15,6 %) с ИС < 50, средняя величина составила $36 \pm 4,7$. Вторая группа – девушки, с показателем ИС соответствующим норме (28,1 %) – $92,5 \pm 11,7$. Самой многочисленной оказалась группа (56,2 %), в которую вошли девушки с показателями индекса стресса, превышающими референтные значения нормы – ИС = $283,4 \pm 18,1$ (рис. 2).

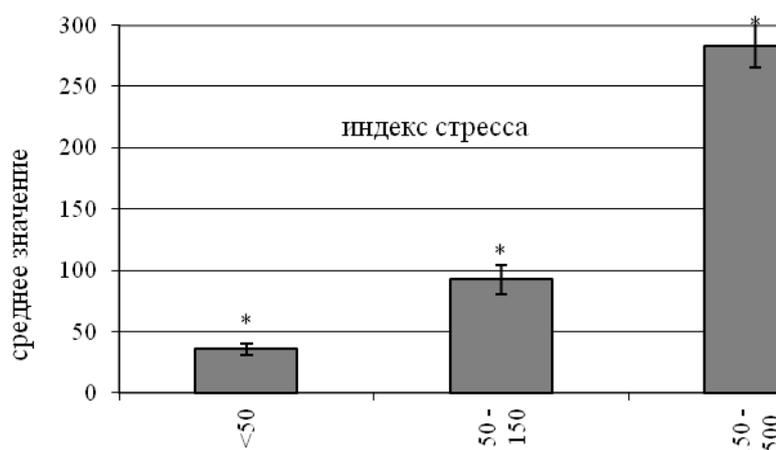


Рис. 2. Внутригрупповое распределение значений показателя индекса стресса в обследованной группе первокурсниц ($n = 32$, $p < 0,05$).

Полученные данные свидетельствуют, что большая часть обследованных первокурсниц характеризуются напряжением регуляторных механизмов, одной из возможных причин которых может быть эмоциональное и психическое напряжение, переутомление, обусловленное учебными нагрузками, сменой привычного уклада жизни и сложившихся стереотипов. Это подтверждается тем, что идет сложный процесс адаптации к новым условиям и требованиям образовательного процесса,

кроме того, многие современные студенты совмещают учебу с работой. Также важно учитывать и физиологические аспекты, связанные с завершением сложной гормональной перестройки и ростовых процессов, характерных для данного возрастного периода [16]. У 15,6 % обследованных девушек были выявлены низкие показатели индекса стресса, что может быть следствием определенных изменений ССС, обусловленных напряжением контролирующей ее деятельность регуляторных механизмов. В этой связи диагностику состояния ССС обследованных первокурсниц проводили на основе исследования микроциркуляторного русла. П. В. Бережанский с соавторами отмечает, что проксимальный ногтевой валик, являясь акральной областью, в первую очередь и в максимальной степени подвержен негативному влиянию при поражении микроциркуляторного русла [14].

Периферическое кровообращение исследовали *in vivo* путем микроскопирования эпонихия ногтевого ложа. На капиллярограмме эпонихия ногтевого ложа определяли ряд параметров морфологии капилляров (степень извитости и полиморфизм), плотность их расположения, наличие аваскулярных островков. Визуализацию капилляров ногтевого ложа осуществляли при увеличении (200х).

Результаты проведенного капилляроскопического исследования позволили при анализе капиллярограмм первокурсниц обнаружить некоторые изменения в них. В частности, у 21,9 % ($n = 7$) были выявлены морфологические изменения архитектоники капилляров (рис. 3).

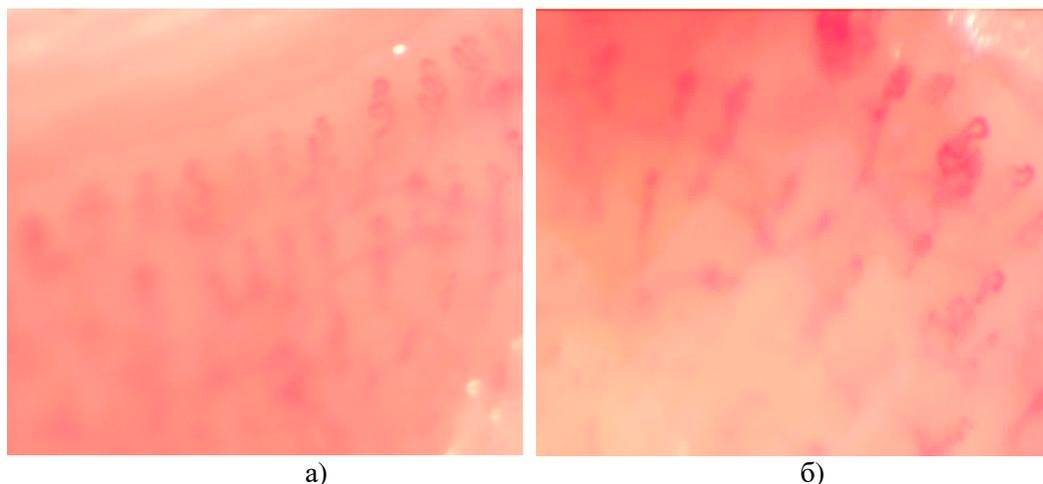


Рис. 3. Капиллярограммы обследованных первокурсниц с измененной архитектоникой капилляров.

В норме капилляры ногтевого ложа имеют дугообразную U-форму, напоминающую перевернутую шпильку. В капилляре различают более узкую артериальную ветвь и более расширенную – венозную. При негативных изменениях микроциркуляторного русла, нарушении перфузии, отмечается изменение морфологии капилляров, которые могут приобретать нехарактерный для них вид.

Как видно на представленных капиллярограммах испытуемых капилляры приобретают форму закрученных петель, отмечается их деформация (рис. 3а). Также были выявлены такие нарушения как неравномерное и непараллельное расположение капилляров с наличием аваскулярных зон, экстравазатов (рис. 3б).

При анализе капилляров ногтевого ложа дистальных фаланг пальцев было обнаружено, что изменения в капиллярах могут отмечаться не на всех пальцах. В частности, у 46,9 % обследованных девушек изменения отмечались не на всех пальцах (только в 1, 2 или 3 пальцах). По-видимому, эти изменения являются предикторами скрытых доклинических нарушений ССС. Е.С. Крутиков отмечает, что изменения в капиллярах имеют важное диагностическое значение, так как их можно идентифицировать на ранних стадиях (когда они носят преимущественно функциональный характер) и трудны в обнаружении другими распространенными методами [17]. Установлено, что наиболее точную морфологическую оценку получают при изучении ногтевого ложа IV и V пальцев благодаря наибольшей прозрачности кожи и наименьшей склонности к повседневным травмам [14].

При оценке морфологии капилляров было установлено, что частота встречаемости капилляров с измененной структурой была выше в 2,7 раза ($p < 0,05$, $\phi^*_{эмп} = 1,99$; $\phi^*_{крит.} = 1,64$) в группе девушек с высокими показателями индекса стресса (ИС = 180 – 413). Для них были характерны извитые капилляры, а также наличие аваскулярных участков. Экстравазаты были обнаружены у двух девушек с ИС = 36 и ИС = 125. Таким образом, частота встречаемости капиллярограмм с морфологическими изменениями оказалась более высокой среди первокурсниц с показателями индекса стресса выше нормы ($p < 0,05$). Следовательно, при стрессовых ситуациях включается сложная программа нейрофизиологических изменений, отражающихся на состоянии капилляров и микроциркуляции.

В работах зарубежных исследователей установлено, что ответной реакцией центральной нервной системы на стресс является сложная неокортикальная и лимбическая консолидированная работа, обеспечивающая активацию норадренергических нейронов стволовой части мозга и связанного со стрессом котрансмиттера норадреналина – нейропептида Y (NPY), локализованного в везикулах пресинаптических окончаний симпатической ветви нервной системы. G Fried с соавторами отмечает [18], что в мелких везикулах норадренергических нейронов содержится норадреналин, в крупных – норадреналин с NPY. Установлено, что NPY совместно с норадреналином участвует в регуляции артериального давления [19]. Стресс инициирует активный выход норадреналина и NPY, которые могут оказывать выраженное негативное влияние на ССС, проявляющееся в микрососудистой дисфункции или повреждении эпикарда [20]. Таким образом, капилляры являются первичной физиологической мишенью при действии различных негативных факторов, включая стресс. Реакция мельчайших сосудов ССС проявляется в изменении их функционального статуса и последующей морфологической перестройке, что в свою очередь может негативно отразиться на обменных процессах, приводящих к нарушениям метаболизма на клеточном, тканевом и органном уровне. Следовательно, структурная перестройка капилляров является предиктором негативных физиологических изменений, которые в

последствии могут привести к серьезным физиологическим нарушениям и манифестации заболеваний различной этиологии.

При проведении пальцевой фотоплетизмографии у 3 студенток была выявлена низкая сатурация крови – от 85 до 91 % (при физиологической норме > 95 %). У всех девушек имелись определенные изменения капиллярограмм (1 – на II, IV и V пальцах; 2 – на III и V пальцах; 3 – IV и V соответственно). Были обнаружены извитые капилляры, а также незначительные аваскулярные зоны, то есть участки с отсутствием 2 и более последовательных капилляров, которые согласно Bernardino V. et al. являются результатом тканевой гипоксии [21]. Как отмечает Чеснокова Н. П. с соавторами при стрессорных ситуациях может развиваться циркуляторная (сердечно-сосудистая, гемодинамическая) гипоксия причиной которой является абсолютная недостаточность кровообращения или относительная при резком возрастании потребности тканей в кислородном обеспечении [22].

Таким образом, изменения морфологии, расположения и размеров капилляров могут использоваться в качестве экспресс-тестов при скрининге уровня здоровья обучающихся. Капилляроскопия позволяет определить общее состояние микроциркуляторного русла в организме и выявить функциональные нарушения, а также скрытые или начальные стадии заболеваний, что позволит принять соответствующие меры по предупреждению срывов адаптации и риску развития заболеваний.

Очевидно, что изучение особенностей периферического кровообращения должно осуществляться с исследованием состояния и функционирования крупных сосудов ССС, что ляжет в основу наших дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенная оценка индекса стресса первокурсниц методом фотоплетизмографии позволила установить средние значения показателя – $194,6 \pm 22,7$, превышающие норму (ИС = 50 – 150).
2. Обнаружены внутригрупповые различия обследованных девушек по значениям ИС, позволившие распределить их на три группы: 1. ИС < 50 (15,6 %), 2. ИС соответствующим норме (28,1 %); 3. ИС превышающий референтные значения нормы (56,2%).
3. Капилляроскопия эпонихия ногтевого ложа позволила обнаружить у 21,9 % обследованных девушек морфологические изменения архитектоники капилляров, в частности, на капиллярограммах визуализировались капилляры в виде закрученных петель с деформациями. Обнаружено их неравномерное и непараллельное расположение в коже, наличие аваскулярных зон и экстравазатов.
4. Измененные капилляры были обнаружены не на всех пальцах, у 46,9 % обследованных девушек изменения были обнаружены только в 1, 2 или 3 пальцах что может свидетельствовать о начале развития скрытых доклинических нарушений сердечно-сосудистой системы.
5. В ходе исследования было обнаружено, что морфологические изменения капилляров чаще визуализировались на капиллярограммах девушек с высокими

показателями индекса стресса (ИС = 180 – 413) в сравнении с их сверстницами из других групп ($p < 0,05$).

6. Показано, что стрессовые ситуации, сопровождающие образовательный процесс первокурсников, могут являться одной из причин старта сложных нейрофизиологических процессов, отражающихся на состоянии капилляров и микроциркуляции.
7. Высказано предположение, что для более объективной оценки особенностей влияния стресса на обучающихся желательнее исследовать состояние крупных магистральных сосудов и особенности гемодинамики.
8. Предложено использовать методы оценки состояния микроциркуляторного русла в качестве экспресс-метода для оценки функционального состояния организма обучающихся и выявления скрытых доклинических нарушений в нем.

Список литературы

1. Улумбекова Г. Э. Показатели здоровья детей и подростков в России и мощности педиатрической службы / Г. Э. Улумбекова, А. В. Калашникова, А. В. Мокляченко // Вестник ВШОУЗ. – 2016. – № 3–4. – С. 18–33.
2. Михайлова С. В. Оценка состояния здоровья современных студентов / С. В. Михайлова, Л. М. Жизнина, С. В. Волкова, Н. В. Бусарова, Е. Ф. Малафеева // Здоровье и образования в XXI веке. – 2016. – С. 494–497.
3. Айзман Р. И. Здоровье педагогов и обучающихся – ключевая задача современной школы / Р. И. Айзман // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2012. – № 3 (7). – С. 24–35.
4. Юматов Е. А. Экзаменационный эмоциональный стресс у студентов / Е. А. Юматов, В. А. Кузьменко, В. И. Бадиков и др. // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 2. – С. 104–111.
5. Ибрагимова Э. Э. Оценка регуляторных механизмов вегетативной нервной системы обучающихся на основе гемодинамических показателей и состояния сосудов / Э. Э. Ибрагимова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Социология. Педагогика. Психология. – 2019. – Том 5 (71), № 4. – С. 85–94.
6. Кеберле С. П. Оценка состояния здоровья студентов в современных условиях обучения. / Кеберле С. П. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://s.eduherald.ru/pdf/2019/1/19531.pdf>.
7. Сабгайда Т. Б. Изменение заболеваемости российских детей, подростков и взрослого населения болезнями основных классов в постсоветский период / Т. П. Сабгайда, О. Б. Окунев // Социальные аспекты здоровья населения. – 2012. – №1 (23). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/383/30/>.
8. Яцун С. М. Анализ динамики заболеваемости и состояния здоровья студентов Курского государственного университета / С. М. Яцун, Н. А. Князева, Н. В. Лунева, И. А. Соколова // Научный результат. Медицина и фармация. – 2017. – Т. 3, № 3. – С. 57–64.
9. Богатырева Ф. М. Оценка структурного и функционального состояния сосудов у пациентов с гипертрофической кардиомиопатией / Ф. М. Богатырева, В. Ю. Каплунова, М. В. Кожевникова, Г. А. Шакарьянц, Н. В. Хабарова, Е. В. Привалова и др. // Кардиология. – 2021. – № 61(12). – С. 16–21.
10. Ибрагимова Э. Э. Экспресс-мониторинг состояния здоровья студенческой молодежи / Э. Э. Ибрагимова, З. А. Якубова // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2015. – Том 1 (67), № 1. – С. 36–44.
11. Татаренко Д. П. Оценка индекса стресса у пациентов разных возрастных категорий / Д. П. Татаренко // SCI-ARTICLE.RU. – Электронный периодический научный журнал. – 2016. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1477492045>.

12. Говорухина А. А. Состояние сосудов как один из критериев адаптации организма в условиях Севера / А. А. Говорухина, О. А. Мальков, А. А. Новоселова // *Здоровье и образование в XXI веке. – Электронный научно-образовательный вестник. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/sostoyanie-sosudov-kak-odin-iz-kriteriev-adaptatsii-organizma-v-usloviyah-severa>.*
13. Уровень стресса. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.angioscan.ru/ru/measured-parameters>.
14. Бережанский П. В. Капилляроскопия ногтевого ложа / П. В. Бережанский, Т. И. Юшина, Т. А. Гутырчик, А. Б. Малахов, А. Н. Шапиев, Н. А. Гутырчик, Ю. В. Векшина, Н. Д. Дустбабаева // *Практика педиатра. – 2023. – № 1. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medi.ru/pp/2023/01/27789/>.*
15. Grover C. Nail-fold capillaroscopy for the dermatologists / C. Grover, D. Jakhar, A. Mishra, A. Singal // *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology. – 2022. – Vol. 88. – P. 300–312.*
16. Кругликова Е. В. Годовая динамика параметров физического развития юношей и девушек 18 и 19 лет / Е. В. Кругликова, Е. А. Чанчаева, Е. С. Сулимова // *Сибирский научный медицинский журнал. – 2022. – № 42 (2). – С. 25–32*
17. Крутиков Е. С. Изменение показателей капилляроскопии у больных сахарным диабетом 1-го типа при развитии хронических осложнений / Е. С. Крутиков, В. А. Житова, М. С. Крутикова // *Міжнародний ендокринологічний журнал. – 2014. – № 2 (58). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mif-ua.com/archive/article/38313>.*
18. Fried G. Evidence for differential localization of noradrenaline and neuropeptide Y in neuronal storage vesicles isolated from rat vas deferens / G. Fried, L. Terenius, T. Hokfelt, M. Goldstein // *Journal of Neuroscience. – 1985. – Vol. 5 (2). – P. 450–458.*
19. Jacqueline A. Hastings NPY and NPY Y1 receptor effects on noradrenaline overflow from the rat brain in vitro / Jacqueline A Hastings, Margaret J Morris, Gavin Lambert, Elisabeth Lambert, Murray Esler // *Regulatory Peptides. – 2004. – Vol. 120, Issues 1–3. – P. 107–112.*
20. Wittstein I. S Neurohumoral features of myocardial stunning due to sudden emotional stress / I. S. Wittstein, D. R. Thiemann et al. // *The New England Journal of Medicine. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://europepmc.org/article/med/15703419>.*
21. Bernardino V. The Impact of Nailfold Capillaroscopy in the Approach of Microcirculation / Bernardino V. et al. // *Vascular Biology – Selection of Mechanisms and Clinical Applications. – 2019. <https://www.intechopen.com/chapters/70549>.*
22. Чеснокова Н. П. Лекция 10. Гипоксии: виды, этиология, патогенез / Н. П. Чеснокова, Г. Е. Бриль, Н. В. Полутова, М. Н. Бизенкова // *Научное обозрение. Медицинские науки. – 2017. – № 2. – С. 53–55.*

CAPILLAROSCOPIC PARAMETERS OF STRESS INDEX IN STUDENTS

Ibragimova E. E.

***State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Republic of Crimea “Crimean Engineering and Pedagogical University named after Fevzi Yakubov”, Simferopol, Russia
E-mail: evelina_biol@mail.ru***

The article presents the results of a study of the psychophysiological state of first-year female students based on the assessment of stress levels and the state of peripheral circulation under the stress of the regulatory mechanisms of the nervous system caused by both academic workload and the final stages of physiological maturation of the body. It was found that the majority of the examined girls (56,2 %) showed tension of the regulatory mechanisms, manifested in an increase in the stress index in comparison with

the reference values. It was found that with increased stress index values, the frequency of changes in peripheral circulation increases, which is diagnosed on the basis of nail bed biomicroscopy and manifested in a change in capillary morphology.

The conducted assessment of the stress index of first-year students by photoplethysmography made it possible to establish the average values of the indicator – $194,6 \pm 22,7$, exceeding the norm (SI = 50 – 150).

Intragroup differences in the examined girls were found in the SI values, which made it possible to divide them into three groups: 1. SI < 50 (15,6 %), 2. SI corresponding to the norm (28.1 %); 3. SI exceeding the reference values of the norm (56,2 %).

Capillaroscopy of the eponychium of the nail bed revealed morphological changes in the architecture of the capillaries in 21,9 % of the examined girls, in particular, capillaries in the form of twisted loops with deformations were visualized on the capillarograms. Their uneven and non-parallel arrangement in the skin, the presence of avascular zones and extravasates were found.

The altered capillaries were not found on all fingers, in 46.9 % of the examined girls, the changes were found only in 1, 2 or 3 fingers, which may indicate the beginning of the development of latent preclinical disorders of the cardiovascular system.

During the study, it was found that morphological changes in the capillaries were more often visualized on the capillarograms of girls with high stress index values (SI = 180 – 413) in comparison with their peers from other groups ($p < 0,05$).

It is shown that stressful situations accompanying the educational process of freshmen can be one of the reasons for the start of complex neurophysiological processes, which are reflected in the state of capillaries and microcirculation.

It was suggested that for a more objective assessment of the characteristics of the influence of stress on students, it is advisable to study the state of large main vessels and the features of hemodynamics.

It was proposed to use methods for assessing the state of the microcirculatory bed as an express method for assessing the functional state of the students' body and identifying latent preclinical disorders in it.

Keywords: photoplethysmography, capillaroscopy, students, capillaries, stress index, regulatory mechanisms.

References

1. Ulumbekova G. E., Kalashnikova A. V., Moklyachenko A. V. Health indicators of children and adolescents in Russia and the capacity of the pediatric service, *Journal Higher School of Healthcare Organization and Management (VSHOUZ)*, 3–4, 18 (2016).
2. Mikhailova S. V., Zhizenina L. M., Volkova S. V., Busarova N. V., Malafaeveva E. F. Assessment of the health status of modern students, *Health and education in the 21st century*, 494 (2016).
3. Aizman R. I. The health of teachers and students is a key task of modern school, *Bulletin of the Novosibirsk State Pedagogical University*, 3 (7), 24 (2012).
4. Yumatov E. A., Kuzmenko V. A., Badikov V. I. et al. Examination emotional stress among students, *Human Physiology*, 27, 2, 104 (2001).
5. Ibragimova E. E. Assessment of regulatory mechanisms of the autonomic nervous system of students based on hemodynamic parameters and vascular condition, *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Sociology. Pedagogy. Psychology*, 5 (71), 4, 85 (2019).

6. Keberle S. P. Assessment of the health status of students in modern learning conditions, URL: <https://s.eduherald.ru/pdf/2019/1/19531.pdf>.
7. Sabgaida T. B., Okunev O. B. Changes in the incidence of diseases of the main classes in Russian children, adolescents and adults in the post-Soviet period, *Social aspects of public health*, **1 (23)**, URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/383/30/>.
8. Yatsun S. M., Knyazeva N. A., Luneva N. V., Sokolova I. A. Analysis of the dynamics of morbidity and health status of students at Kursk State University, *Scientific result. Medicine and pharmacy*, **3, 3**, 57 (2017).
9. Bogatyreva F. M., Kaplunova V. Yu., Kozhevnikova M. V., Shakaryants G. A., Khabarova N. V., Privalova E. V. et al. Assessment of the structural and functional state of blood vessels in patients with hypertrophic cardiomyopathy, *Cardiology*, **61(12)**, 16 (2021).
10. Ibragimova E. E., Yakubova Z. A. Express monitoring of the health status of student youth, *Scientific notes of the Crimean Federal University. V. I. Vernadsky. Series "Biology, Chemistry"*, **1 (67)**, 1, 36 (2015).
11. Tatarenko D. P. Assessment of the stress index in patients of different age categories, *SCI-ARTICLE.RU*, Electronic periodical scientific journal, URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1477492045>, (2016).
12. Govorukhina A. A., Malkov O. A., Novoselova A. A. The state of blood vessels as one of the criteria for adaptation of the body in the conditions of the North, *Health and education in the 21st century*, Electronic scientific and educational bulletin, URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/sostoyanie-sosudov-kak-odin-iz-kriteriev-adaptatsii-organizma-v-usloviyah-severa>.
13. Stress level, URL: <https://www.angioscan.ru/ru/measured-parameters>.
14. Berezhansky P. V., Yushina T. I., Gutyrchik T. A., Malakhov A. B., Shapiev A. N., Gutyrchik N. A., Vekshina Yu. V., Dustbabaeva N. D. Capillaroscopy of the nail bed, *Pediatrician practice*, **1**, URL: <https://medi.ru/pp/2023/01/27789/>, (2023).
15. Grover C., Jakhar D., Mishra A., Singal A. Nail-fold capillaroscopy for the dermatologists, *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*, **88**, 300 (2022).
16. Kruglikova E. V., Chanchaeva E. A., Sulimova E. S. Annual dynamics of parameters of physical development of boys and girls aged 18 and 19 years, *Siberian scientific medical journal*, **42 (2)**, 25 (2022).
17. Krutikov E. S., Zhitova V. A., Krutikova M. S. Changes in capillaroscopy parameters in patients with type 1 diabetes mellitus with the development of chronic complications, *International Journal of Endocrinology*, **2 (58)**, URL: <http://www.mif-ua.com/archive/article/38313> (2014).
18. Fried G., Terenius L., Hokfelt T., Goldstein M. Evidence for differential localization of noradrenaline and neuropeptide Y in neuronal storage vesicles isolated from rat vas deferens, *Journal of Neuroscience*, **5 (2)**, 450 (1985).
19. Jacqueline A. Hastings, Margaret J Morris, Gavin Lambert, Elisabeth Lambert, Murray Esler NPY and NPY Y₁ receptor effects on noradrenaline overflow from the rat brain in vitro, *Regulatory Peptides*, **120**, 1–3, 107 (2004).
20. Wittstein I. S., Thiemann D. R. et al. Neurohumoral features of myocardial stunning due to sudden emotional stress, *The New England Journal of Medicine*, URL: <https://europepmc.org/article/med/15703419>.
21. Bernardino V. et al. The Impact of Nailfold Capillaroscopy in the Approach of Microcirculation, *Vascular Biology – Selection of Mechanisms and Clinical Applications*, URL: <https://www.intechopen.com/chapters/70549> (2019).
22. Chesnokova N. P., Brill G. E., Polutova N. V., Bizenkova M. N. Lecture 10. Hypoxia: types, etiology, pathogenesis, *Scientific review. Medical Sciences*, **2**, 53 (2017).

УДК 579.63:639 (292.471)

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-113-130

САНИТАРНО-БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОМЫСЛОВЫХ МОРСКИХ РЫБ И МОРСКОЙ СРЕДЫ ВБЛИЗИ ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА И ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ В РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ ПОЛУОСТРОВА

Кобечинская В. Г., Стрюков А. А., Артёменко М. О.

*Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: valekohome@mail.ru*

Прибрежная морская зона вокруг Крыма испытывает усиливающуюся с каждым годом антропогенную нагрузку. Поэтому так важен постоянный мониторинг по санитарно-бактериологической оценке, как самой морской среды, так и вылавливаемой в данных районах рыбной продукции и беспозвоночных. В морской воде выявлены следующие виды бактериофлоры семейства Vibrionaceae: *Vibrio parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alguillarum*, *V. fluvialis* и из сем. Aeromonaceae представители рода *Aeromonas*. В выловленных пробах промысловых рыб наиболее часто встречались *V. parahaemolyticus* и вибрионы рода *Aeromonas*, но их аккумуляция существенно отличается по видовому составу рыб. Наибольшая высеваемость аэромонад установлена при исследовании пресноводных рыб, но уровень их в тканях крайне низок. В мидиях наиболее часто высевались *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus* с учетом мест отбора. В целом, уровень инфицирования вибрионами промысловых рыб достаточно низкий, поэтому рыбопродукция Азово-Черноморского бассейна по нашим предварительным данным безопасна для населения.

Ключевые слова: вибрионы, видовой состав, морская вода, промысловые рыбы, мидии, Азово-Черноморский бассейн.

ВВЕДЕНИЕ

В России активно используется в пищевом рационе рыбная продукция, как из дикого улова, так и из аквакультуры. Федеральная служба государственной статистики РФ отмечает стабильный рост сектора рыболовства и аквакультуры с 2015 по 2022 год, вылов достиг общих объемов к 2023 г около 300 тыс. тонн [1]. По данным Минсельхоза потребление рыбы и рыбопродуктов в России на душу населения в 2022 году составило 22,6 кг/чел. в год с устойчивым ростом этого показателя по планам к 2030 г до 26-28 кг/чел. преимущественно за счет развития аквакультуры [2–4]. Поэтому крайне важно вести регулярный мониторинг за безопасностью данной продукции для населения по эпидемиологическим показателям.

Один из путей – регулярный контроль за микробиологическим составом морской воды, который на территории Российской Федерации осуществляется в соответствии с ГОСТ 17.1.3.08-02 [5].

Прошедшие десятилетия в Азово-Черноморском бассейне уже запущены эвтрофикационные процессы в морских акваториях, загрязнение токсичными веществами морского шельфа, абразия берегов, сокращение видового разнообразия и рыбных запасов, существенные утраты рекреационных ресурсов, ограниченный охват планомерно-регулярной системой очистки морских вод в портах полуострова; нехватка современного комплекса водоочистных сооружений и обеззараживающих установок сточных вод населенных пунктов перед сбросом, соответствующих экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям и т. д., что привело к снижению качества водных морских ресурсов [6, 7].

Поэтому лабораториями ФБУЗ «Центра гигиены и эпидемиологии в Республике Крым и городе федерального значения г. Севастополя» (Роспотребнадзора) осуществляется регулярный контроль за состоянием морской воды вблизи крымского побережья. По данным этой службы в 2021 г было исследовано 8449 проб морской воды на микробиологические показатели, из них 156 проб или 1,85 % (2020 год – 2,5 %), не отвечали требованиям безопасности по данным параметрам. По Республике Крым удельный вес нестандартных проб составил 1,65 % (2020 год – 2,4 %) (таблица 1). На контаминацию холерными вибрионами исследовано 1207 проб морской воды, нестандартные пробы не выявлены [8].

Таблица 1

Доля проб морской воды (%) по Республике Крым и г. Севастополю, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям по микробиологическим показателям во временной динамике*

Годы	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Республика Крым	1,6	0,98	1,1	1,6	2,3	2,1
г. Севастополь	5,5	7,4	0,7	9,5	9,8	9,1

Примечание: *Источник: [8].

В целом по Республике Крым эти величины на достаточно низком уровне (0,98–2,3 %). В абсолютных цифрах рост незначителен, но отрицательная динамика все же четко прослеживается по крымскому региону. По санитарно-эпидемиологическим показателям прослеживается рост с 1,1 % до удвоения – 2,3 % в 2021 г., что безусловно сказывается на качественных показателях морской воды.

Поэтому представляет значительный интерес разногодичные исследования разнообразия и динамики численности наиболее часто встречающихся представителей семейства *Vibrionaceae*, которые преобладают среди гетеротрофной микрофлоры морской воды и выявляются в организмах промысловых рыбах и моллюсках.

Представители рода *Vibrio* являются факультативными анаэробами, обладают бродильным и дыхательным типами метаболизма. Для роста и развития нуждаются

в присутствии в среде NaCl (2–3 % и выше). Значительная часть видов хорошо растет в лаборатории при 37 °С, но для ряда морских вибрионов достаточны температура 25 °С и ниже, они грамотрицательные и подавляющее большинство оксидазоположительные. Некоторые из них могут быть патогенными, как для людей, так и для водных животных за счет широкого спектра продуцируемых ими факторов [9–16].

Целью исследования было сравнительное изучение видового состава и численности гетеротрофных вибрионов, встречающихся в промысловых рыбах Азово-Черноморского бассейна и ряда пресноводных рыб, выращиваемых в рыбоводных хозяйствах полуострова, т.к. до настоящего времени этот вопрос мало изучен и публикации единичны [17–19].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Существуют разнообразные методики по выявлению видового состава вибрионов в морской воде и морских организмах, позволяющие проводить их точную диагностику. Особенно значительное число публикаций по выявлению бактериофлоры у моллюсков из разных регионов страны и мира [17, 20–26].

Рыбопродукты отбирают согласно ГОСТу (31339-2006), исследуют в соответствии с санитарными правилами для предприятий и судов, изготавливающих продукцию из рыб и других водных живых ресурсов [14].

Гидробионтов отправляют из точек отбора вдоль крымского побережья Черного и Азовского морей в закрытых банках, ведрах и других сосудах, доставляя в лабораторию. Мелкие экземпляры гидробионтов исследуют групповым методом, в одну пробу объединяют содержимое кишечника и жабр от 10–15 экземпляров, добытых на одном участке. В этом случае они могут быть доставлены в одной ёмкости или отбирают илососами и черпаками, кладут в стерильные банки (200 мл). На площадках пробы морской воды берут в пяти точках объёмом 100–200 мл (в каждой) из нижележащих слоев, на уровне 5 см и ниже, также захватывая черпаком слой ила по всей глубине площади [13, 14].

Рыбу непосредственно перед исследованием фиксируют на препаровальной доске брюшком вверх. Поверхность брюшка обрабатывают спиртом и ножницами, производя медиальный разрез. Желчный пузырь отсекают от печени, разрезают и делают отпечаток на пластинке щелочного агара. Остатки желчи вместе с желчным пузырем помещают во флаконы с 50–100 мл 1 % пептонной воды. Посев кишечника делают, отсекая несколько петель в верхнем, среднем и нижнем отделах кишечника. Содержимое кишечника засевают в 1 % пептонную воду, а внутренней поверхностью стенки делают отпечатки на агаровые пластинки.

У крупных рыб в накопительную среду отбирают содержимое желчного пузыря, желудка, кишечника и жабры. Мелких рыб (мальков) и др. мелких гидробионтов измельчают ножницами по 10–20 экз. в одной пробе и делают посев суспензии петель на чашку с агаром и в 1 % пептонную воду.

Метод состоит из нескольких этапов: накопления, выделения, очищения и идентификации микроорганизмов.

1 этап

Первоначальное накопление вибрионов: к исследуемой воде добавляют раствор основного пептона до 1 % концентрации. Определяют рН, в случае необходимости подщелачивают 10 % раствором NaOH до рН 9,3±0,2. Время инкубации 18–24 часа.

II этап

С первой среды накопления делают высевы: на щелочной агар (для исключения холерного вибриона); на одну из элективных сред и по 5–8 мл для второй среды накопления. Пересевы в жидкие и на плотные среды делают с поверхности жидкой среды большой бактериологической петлей диаметром 5 мм. Проводят исследование материала методом ПЦР на ген гемолизина после 6 ч инкубации первой среды накопления.

III этап

Высев со второй среды накопления на одну из элективных сред.

IV этап

Отбор подозрительных на галофильные вибрионы колоний в посевах на плотные среды нативного материала, а также в посевах из 1-й и 2-й накопительных сред.

Чашки с посевами просматривают в проходящем свете невооруженным глазом или с помощью лупы, а также под стереоскопическим микроскопом в косо проходящем свете и отбирают подозрительные на вибрионы колонии для выделения и идентификации культуры.

На щелочном агаре или агаре на основе морской воды колонии галофильных вибрионов типичной S-формы – круглые, гладкие, плоские, голубоватые, гомогенные, с неровными краями, диаметр колоний 4–6 мм, прозрачные в проходящем свете и светло-серые с голубым или зеленоватым оттенком под стереоскопическим микроскопом в косо проходящем свете.

На агаре на основе морской воды колониям *V. alginolyticus* и *V. parahaemolyticus* присущ эффект «роения». На элективных средах тиосульфат-цитрат-сахарозный агар с желчью (TCBS агар) колонии *V. alginolyticus* имеют ярко-желтую окраску на зеленом фоне среды, полупрозрачные (рисунок 1).

Типичные колонии *V. parahaemolyticus* – круглые непрозрачные зеленого или голубого цвета диаметром 2–3 мм. Размеры колоний на агаре с использованием морской воды через 18–24 ч инкубации достигают 4–6 мм в диаметре.

На среде СЭДХ колонии *V. alginolyticus* имеет ярко-желтую окраску на голубом фоне среды, полупрозрачные, *V. parahaemolyticus* – синие. Размеры колоний на щелочном агаре через 18–24 ч инкубации достигают 3–5 мм в диаметре.

В отдельных случаях в посевах могут также встречаться атипичные колонии: на щелочном агаре – мутные с плотным центром, пигментированные (коричневые или светло-желтые), мелкие коккоподобные, шероховатые.

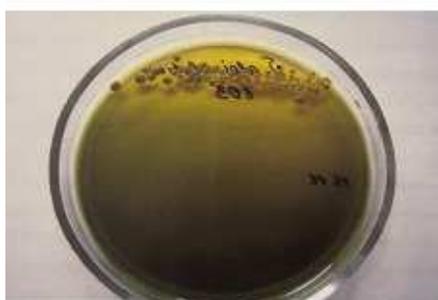
Подозрительные на галофильные вибрионы колонии, отсевают на одну из полиуглеводных сред (лактозосахарозная Клиглера), и на сектор пластинки щелочного агара для выделения чистой культуры, ее идентификации и определения чувствительности к антибиотикам.



Рост *V. cholerae non O1*
на селективном вибрио-агаре



Рост *V. Cholerae non O1* на бреде Эндо



Рост *V.alginolyticus* на среде TCBS



Рост *V. parahaemolyticus* на среде TCBS



Рост *V.alginolyticus* на среде Эндо

Рост *V. parahaemolyticus* на
дифференциальной среде



Рис. 1. Выращенные на различных питательных средах представители сем. Vibrionaceae.

V этап (через 24–36 ч от начала исследования)

Отбор культур для идентификации. На полиуглеводных средах отбирают культуры с типичным характером роста и изменениями, на лактозосахарозной среде наблюдается характерное для кислой реакции изменение цвета столбика при сохранении цвета скошенной части без образования газа.

С культурами, выросшими на пластинке щелочного агара ставят пробу на индофенолоксидазу на специальных индикаторных бумажках окси-тест или изготовленных в условиях лаборатории. С колониями, обнаруженными на цветных средах, пробу на оксидазу не проводят. Определяют морфологию микроорганизмов, а также чистоту отобранных культур, выросших на щелочном агаре и полиуглеводных средах. Культуры, дающие характерные изменения на полиуглеводных средах и положительные в пробе на оксидазу, проверяют в слайд-агглютинации с холерными сыворотками O и RO в разведении 1:50 для исключения холеры.

Проводят идентификацию выделенных на полиуглеводных средах культур, путем посева на следующие питательные среды: лактоза, манит, сахароза, манноза, арабиноза, инозит, Кодам, Хью-Лейфсона, бульон Кларка с 3 % NaCl, бессолевою пептонную воду, пептонную воду с 7 % NaCl, пептонную воду с 10 % NaCl, посев на пептонную воду с 3 % NaCl для определения сероводорода, индола, протеолитических свойств, аминокислоты – лизин, аргинин, орнитин, а также контроль аминокислот. Для посева на биохимический ряд используют обычно 3-х часовую бульонную культуру.

VI этап

Учитывают результаты идентификации и выдают окончательный ответ о выделении культуры вибриона. Эпидемическую значимость оценивают по гемолитической активности и по результатам ПЦР. Также её оценивают по гемолитической активности на среде Вагатцума с определением гена гемолизина.

Культуры, имеющие признаки галофильных вибрионов по морфологии колоний и клеток, тесты на индофенолоксидазу и ферментативную активность на полиуглеводной среде, не агглютинирующиеся на стекле холерными сыворотками O1 и O139 серогрупп, идентифицируют по тестам, определяющим принадлежность их к родам *Aeromonas* или *Vibrio*.

Анализ литературы [13–16] и нормативной документации [10–14] показал, что безопасность морской воды в эпидемическом отношении определяется, в первую очередь по общему микробному числу (ОМЧ). Этот показатель показывает степень бактериального загрязнения пробы воды, поэтому, чем она выше, тем больше вероятность присутствия патогенных микроорганизмов. В свете этого такие данные имеет большую информативность при сравнительных исследованиях, его повышение указывает на микробную контаминацию воды, причем эффективность результатов повышается при многократных исследованиях [13, 15].

На рисунке 2 показаны точки отбора проб рыб и моллюсков вдоль морского побережья полуострова и аквакультурных хозяйств в РК.



Рис. 2. Районы отбора проб морских и пресноводных рыб, моллюсков в РК: г. Керчь, Ленинский район, Симферопольский район, г. Саки, Сакский район, г. Феодосия, г. Судаку, г. Евпатория, Черноморский район, Раздольненский район, г. Ялта, г. Алушта, г. Севастополь

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Всего за 2 года было исследовано 596 проб морской и 243 пробы пресной воды. ОМЧ в морской воде в точках отбора проб рыб был достаточно низкий ($5,2-5,5 \times 10^3$ кл./г), повышаясь в летний период при температуре более 25°C до 8×10^4 кл./г. Обсемененность грунта гетеротрофной микрофлорой с учетом сезонов изменялась от $4,6 \times 10^9$ до $9,3 \times 10^{10}$ кл./г. Повышение бактериальной контаминации отмечается в морской воде и грунтах, приближающихся к городским территориям из-за постоянного притока терригенной воды, что закономерно.

В морской воде были выявлены следующие виды сем. *Vibrionaceae*: *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. anguillarum*, *V. fluvialis*, *V. vulnificus* и представители рода *Aeromonas* из сем. *Aeromonaceae*. Виды *V. cholerae* non O1 и *V. cholerae* O139 высевались единично только в морской воде, взятой вблизи берега в местах впадения малых рек в море (в городах Ялта и Алушта).

В точках отбора проб морской воды и рыбопромысла холерные вибрионы не были выявлены.

Анализируя состав микрофлоры изучаемых водных организмов, учитывали, как доминирующие виды вибрионов, так и физиологическое состояние изучаемых проб различных видов рыб и моллюсков. Известно, что для любых животных характерна своя нормальная микрофлора, выполняющая множество функций, в том числе защиту от патогенных микроорганизмов [13–15]. На выявление спектра вибриофлоры в течение 2020–2021 г. проводились исследования гидробионтов – рыб и мидий (таблица 2). Рассмотрим распределение видов вибрионов, выделенных из проб рыбной продукции в лаборатории.

Таблица 2
Количество проб, в которых высевались патогенные представители сем. Vibrionaceae и сем. Aeromonaceae из гидробионтов Азово-Черноморского бассейна и представителей видов аквакультуры рыбохозяйств Республики Крым

Вид рыбы и мидии	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. anguillarum</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>Aeromonas</i>	Всего	
						Абс.	%
Барабуля (<i>Mullus barbatus ponticus</i>)	2	10	0	0	4	16	15,1
Бычок-сирман (<i>Neogobius syrman</i>)	0	18	0	0	6	24	22,6
Карп (<i>Cyprinus carpio</i>)	0	0	0	0	2	2	1,9
Пиленгас (<i>Liza haematocheila</i>)	0	4	12	0	0	16	15,1
Ставрида черноморская (<i>Trachurus mediterraneus ponticus</i>)	0	12	0	0	0	12	11,3
Толстолобик белый (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	0	0	0	0	2	2	1,9
Тюлька (<i>Clupeonella cultriventris</i>)	2	2	0	0	0	4	3,8
Хамса (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	2	18	0	2	0	2	20,8
Мидия средиземноморская (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	4	4	0	0	0	8	7,5
% Кол-во	10/9,4	68/64,2	12/11,3	2/1,9	14/13,2	106	100,0

По результатам проведенных работ в объектах исследований выявлено 4 вида вибрионов из сем. *Vibrionaceae* : *Vibrio alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. anguillarum*, *V. vulnificus* и один род *Aeromonas* из сем. *Aeromonaceae*.

Дадим краткую характеристику этим представителям. Среди галофильных вибрионов по частоте и тяжести вызываемых ими заболеваний особое место занимают парагемолитические вибрионы. *V. parahaemolyticus* и *V. alginolyticus* – основные возбудители пищевых отравлений, вызванных зараженной рыбой или моллюсками. Они при посевах в лаборатории четко различимы, т. к. *V. parahaemolyticus* дает отрицательную реакцию Фоггса-Прскауэра и, как правило, не ферментирует сахарозу. Также этот вид не растет на 1 % пентонной воде с 10 % NaCl и не способен к ползучему росту в отличие от *V. alginolyticus*, который способен образовывать кислоту из сахарозы, маннозы и маннита [9, 13, 15, 27, 28]. Эти виды способны образовывать биопленки на чешуе рыб, повышая их численность [30].

Галофильный *V. vulnificus*, вызывает первичную септицемию, связанную с употреблением зараженных морепродуктов, а также раневые инфекции, возникающие при воздействии загрязненной морской воды на открытую рану, реже – инфекции желудочно-кишечного тракта [15, 16].

Род *Aeromonas* включает 12 видов, из которых в патологии человека имеют значение виды: *A. hydrophila*, *A. caviae*, *A. veronia*. Факультативные анаэробы. Растут на простых питательных средах и на щелочной пептонной воде. Хемоорганотрофы, обладающие дыхательным и бродильным типами метаболизма. Оптимальный диапазон размножения при температуре – 22–28 °С. Большинство видов хорошо растет при 37 °С, за исключением некоторых штаммов. Катаболизируют D-глюкозу и другие углеводы с образованием кислоты и часто газа. Оксидазоположительные и каталазоположительные. У человека вызывают широкий спектр заболеваний: гастроэнтериты, раневую инфекцию, диарею и др. [15, 27].

Анализ проводился на ведущих промысловых рыбах и мидиях Азово-Черноморского бассейна и ряда пресноводных рыб. Всего было проанализировано 106 проб на 9 видах. Самым распространенным вибрионом в изученном биоматериале был *V. parahaemolyticus*, который высевался в 68 пробах (64,2 %), причем он был обнаружен как в морской воде, так и в морских организмах. Далее в убывающем порядке встречались вибрионы рода *Aeromonas* (14/13,2 %), которые были выявлены в 4 видах рыб: барабуля, бычок, карп, толстолобик. *V. anguillarum* (12/11,3 %) обнаружен только в пиленгасе. *V. alginolyticus* установлен в биоматериале (10/9,4 %) следующих видов рыб: барабули, тюльки и хамсы, а также в мидиях. Самым редким вибрионом, который встретился лишь в хамсе, был *V. vulnificus* (2/1,9 %).

Следовательно, таксономический спектр вибрионов в морской воде Азово-Черноморского бассейна более разнообразен, чем в объектах промысла, что согласуется с данными исследователей из различных регионов страны и мира [20, 27–31]. Поэтому можно предположить, что не все виды бактерий из морской среды развиваются в рыбах и беспозвоночных, способны колонизировать и войти в состав

ассоциированной микрофлоры внутренних поверхностей органов животных, вызывая патологию.

Рассмотрим более детально места взятия биоматериала на исследование с учетом территориальной принадлежности.

В Азовском море из морской воды отлавливались следующие виды рыб:

1. Пиленгас – *Liza haematocheila* (Temminck et Schlegel, 1845). Эти рыбы семейства кефалей обитают в западной части заливов Черного и Азовского морей. Их пищу составляет перифитон, детрит и мелкие беспозвоночные. Счищая верхний слой детрита с организмами бентоса, рыбы фильтруют их через жаберный фильтр в ротовую полость. Пробы рыб доставлялись из акватории Каркинитского залива и содержали *V. parahaemolyticus* и *V. anguillarum*. В пиленгасе обнаруживались типичные морские галофилы.

2. Тюлька черноморско-азовская – *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840). Рыба распространена в Азовском море и опресненных частях Черного моря, главным образом в его северо-западной части, у берегов Болгарии и Румынии, входит в низовья почти всех прилегающих рек. Отлов осуществлялся в Азовском море вблизи поселка Золотое. Исследования выявили в рыбе данного вида наличие *V. alginolyticus*. Обнаруженный в тюльке вибрион является галофильным микроорганизмом, естественным обитателем морских экосистем.

3. Бычок-сирман – *Neogobius syrman* (Nordmann, 1840). Этот вид распространен в Черном море у берегов Крыма, Кавказа, в Днепровском и Бугском лиманах, в реках Буг, Дон, в Азовском море вдоль западных и северных берегов. Питается тюлькой, хамсой и беспозвоночными (главным образом, ракообразными), в пище мальков преобладает зоопланктон. В рыбе, добытой в районе посёлка Золотое, обнаружен *V. parahaemolyticus*, один из наиболее часто высеваемых из моря вибрионов, и не менее распространенный в пресных водах *Aeromonas*.

4. Хамса или европейский анчоус – *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758). Одна из важных промысловых рыб Черного и Азовского морей. Взрослые особи питаются личинками моллюсков и ракообразными. Отлов рыб производился в бухте Татарская в районе поселка Мысовое. Из хамсы, выловленной в Азовском море, высевался паразитический вибрион (*V. parahaemolyticus*), что может указывать на попадание его в организм хищных рыб при поедании ими других, более мелких видов рыб. Выделенный из хамсы вид вибрионов очень распространен в морской воде, исследования выявили также эти вибрионы и у двустворчатых моллюсков (мидии). Пробы хамсы, привезенные из Керченского пролива отбирались в районе поселка Набережного и выявляли наличие в рыбе двух вибрионов – *V. alginolyticus* и *V. parahaemolyticus*. Причем *V. alginolyticus* в воде обнаруживается чаще, чем *V. parahaemolyticus*.

5. Барабуля или султанка – *Mullus barbatus ponticus* (Essipov, 1927). Она обитает в Черном море, реже в Азовском, заходит в осоленные заливы (Сиваш, Суджукская лагуна у Новороссийска). Питается в основном беспозвоночными. В Керченском проливе в пище преобладают мелкие ракообразные, отчасти крабы и полихеты. Более крупная барабуля питается рыбой. Пробы отбирались в районе поселка

Золотое и содержали *V. alginolyticus* и *V. parahaemolyticus*. Оба выделенных представителя рода *Vibrio* обсеменяют большинство других морских рыб.

6. Черноморская ставрида – *Trachurus mediterraneus ponticus* (Aleev, 1956). Распространена в Черном море по всем берегам, в летнее время заходит в Азовское море, Сиваш, Мраморное море, Босфор. Питается в основном хамсой. Рыба, добытая в бухте Татарская, содержала *V. parahaemolyticus*.

В Черном море также производился отлов рыбы разных видов:

1. Бычок травяной или травяник – *Gobius ophiocephalus* (Pallas, 1814). Обитает в Черном море у берегов Крыма, Кавказа, в северо-западной части Черного моря, в Днепровском лимане, дельте Дуная, Сиваше, в Азовском море, западной его части. В бычках Каркинитского залива обнаружены галофильные вибрионы *V. parahaemolyticus*, обнаруженные в морской воде и выделенные из мелких рыб. Таким образом, можно сказать, что *V. parahaemolyticus* обнаруживается как в воде Черного моря, так и в живых объектах, населяющих ее.

2. Тюлька черноморско-азовская – *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840). Проведенные анализы выявили в рыбе данного вида *V. alginolyticus*. В рыбе данного вида, выловленной в Черном и Азовском морях, выявлена одинаковая вибриофлора.

3. Атерина, колючая хамса – *Atherina pontica* (Eichwald, 1831). Эта рыба распространена в Черном и Азовском море. Заходит как в пресные воды (южный Буг, Днестр), так и в осоленные заливы (Сиваш). Взрослые особи, как и молодь, питаются в основном планктоном. Пробы на вибрионы для этого вида дали отрицательный результат.

Мидии, как и другие двустворчатые моллюски, широко распространены в морях, имеют большое промысловое значение. Кроме того, они представляют ценный корм для рыб и других животных. Это эффективные биофильтраторы, имеющие существенное значение в биологической очистке воды. Кроме рыбы в Черном море отбирались пробы средиземноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)). Места отбора:

А. В районе памятника десантникам вблизи г. Евпатория мидии отбирались на расстоянии 100 м от берега. Проведенные анализы выявили в двустворчатых моллюсках парагемолитический вибрион.

Б. У поселка Новый Свет в 50 м от берега на глубине 3–4 м. В мидиях обнаруживался *V. alginolyticus* и *V. parahaemolyticus*.

Помимо морских рыб, исследовались и пресноводные, выращенные в аквакультурных хозяйствах:

1. Толстолобик белый – *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844). В природе обитает в бассейне Амура и крупных реках Китая. Взрослые рыбы питаются фитопланктоном, для отцеживания которого имеют специальные приспособления (жаберные тычинки, образующие сетку). Рыбу доставляли их рыбхоза «Крымских партизан» Раздольненского района и из рыбзаводного пруда с. Донского Симферопольского района. Из обеих проб выделялись аэромонады.

2. Белый амур – *Stenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844). Этот вид издавна является объектом разведения в прудах. Его выращивают в прудовых хозяйствах совместно с карпом и другими растительноядными рыбами дальневосточного

комплекса – белым и пестрым толстолобиком в тех водоемах, где сильная зарастаемость водной растительностью. Рыбу привозили из пруда в районе станции Аграрник Симферопольского района; проведенные исследования вибрионов в рыбе не выявили.

3. Сазан – *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) в природе распространен в медленно текущих равнинных реках, озерах. Взрослый – типичный бентофаг, питается личинками хирономид, семенами и частями растений, мелкими моллюсками. Одомашненный вид сазана называют карпом. Это основной объект прудового и индустриального рыбоводства. Карп поставлял Ишуньский рыбхоз Красноперекоского района. В пробах обнаружены вибрионы рода *Aeromonas*, которые весьма распространены в пресных водах.

Таким образом, проведенные исследования выявили, что из морских рыб как Черного, так и Азовского моря чаще выделяются галофильные вибрионы, для которых морская вода является естественной средой обитания. Причем, наиболее часто из гидробионтов выделяется парагемолитический вибрион.

V. alginolyticus, который в морской воде самый распространенный из галофилов, из рыб высевался всего в 5 пробах, а это 9,43 %. Процентное соотношение *V. anguillarum*, одного из редко высеваемых вибрионов, при исследованиях рыб составило 11,22 %. *V. vulnificus*, также крайне редко выявляемый в морской воде, выделен всего один раз из хамсы, выловленной в Азовском море. Наиболее сильное инфицирование вибрионами отмечено у бычка. Наибольшая высеваемость аэромонад выявлена при исследовании пресноводных рыб; обнаруживался *Aeromonas* и в морских рыбах (бычки, барабуля), но в очень немногих пробах.

По данным ряда исследований [32–34] рыбы и беспозвоночные также могут являться носителями *V. cholerae* O1, но наши данные выявили отсутствие его в гидробионтах. Зараженности холерным вибрионом нет, поэтому рыбный промысел по этому показателю в Черном и Азовском морях безопасен.

В целом, уровень инфицирования вибрионами промысловых рыб достаточно низкий, поэтому рыбопродукция Азово-Черноморского бассейна по нашим предварительным данным безопасна для населения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведены 2-х летние исследования по изучению видового состава гетеротрофных вибрионов, обитающих в морской воде Азово-Черноморского бассейна вблизи крымского побережья. Состав микрофлоры морской воды отличается более широким спектром. Были выявлены следующие виды из сем. Vibrionaceae: *Vibrio alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. anguillarum*, *V. fluvialis*, *V. vulnificus* и представители рода *Aeromonas* из семейства Аеромонасеае. Виды *V. cholerae non O1* высевались в морской воде только вблизи берега в черте городов (в местах впадения малых рек), в точках отбора проб воды рыбопромысла они не были выявлены.
2. В организмах, добываемых в шельфовой зоне морей и Керченского пролива у 9 видов промысловых рыб и беспозвоночных (мидий) выявлены 4 вида

вибрионов из сем. Vibrionaceae: *Vibrio alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. anguillarum*, *V. vulnificus* и представители рода *Aeromonas* из семейства Aeromonaceae.

3. Самым распространенным вибрионом в изученном биоматериале был *V. parahaemolyticus*, который высеивался в 68 пробах (64,2 %), причем он был обнаружен как в морской воде, так и в морских организмах. Далее в убывающем порядке встречались вибрионы рода *Aeromonas* (14/13,2 %), которые были выявлены в 4 видах рыб: барабуля, бычок, карп, толстолобик; *V. anguillarum* (12/11,3 %) обнаружен только в пиленгасе; *V. alginolyticus* установлен в биоматериале (10/9,4 %) 4 видов гидробионтов: барабули, тюльки и хамсы, а также в мидиях.
4. В целом, уровень инфицирования вибрионами промысловых рыб достаточно низкий, поэтому рыбопродукция Азово-Черноморского бассейна по нашим предварительным данным безопасна для населения.
5. У пресноводных рыб, выращиваемых в аквакультурных хозяйствах: толстолобик белый и карп были обнаружены вибрионы рода *Aeromonas*, которые весьма распространены в пресных водах. В белом амуре вибрионы выявлены не были.

Список литературы

1. Федеральная служба государственной статистики РФ. Потребление рыбопродукции в 2015–2021 гг. Режим доступа <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/>. (Дата обращения: 29.11.2023).
2. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 02.08.2010 N 593 Н «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающим современным требованиям здорового питания». Режим доступа: <https://prikazminzdravsotsrazvitiya-rf-ot-02082010-n-593n/?ysclid=1ftq48p9u7427308757>. (Дата обращения: 25.12.2023)
3. Аношина Ю. Ф. Государственное регулирование рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации в современных условиях / Ю. Ф. Аношина, Т. В. Наумкина // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. – 2020. – № 2. – С. 102–107.
4. Глубоковский М. К. Перспективы развития рыбохозяйственного комплекса России: монография / М. К. Глубоковский, А. И. Глубоков, С. А. Синяков. – М.: Креативная экономика. – 2018. – 190 с.
5. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод ГОСТ 17.1.3.08-02. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200008295> (Дата обращения 25.12.2023).
6. Гидрология и геохимия морей // Современное состояние загрязнения вод Черного моря / Под. ред. Симонова А. И., Рябилина А. И. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. – 1993. – Т.4, Вып.3. – 203 с.
7. Black Sea Commission. Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution. 2019. The Black Sea. Режим доступа: <http://www.blacksea.commission.org>. (Дата обращения: 25.02.2023).
8. «Доклад о состоянии окружающей среды Республики Крым в 2021 г», подготовленный Министерством экологии и природных ресурсов. Симферополь, 2022. – 400 с. – Режим доступа: https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php2g3lnJ_php4qjkz8_2.pdf. (Дата обращения: 25.12.2023).
9. Качество воды. Общие требования и руководство по микробиологическим исследованиям методом посева на питательной среде. ИСО 8199 – Режим доступа: http://samlib.ru/m/malyga_a_s/iso8199.shtml. (Дата обращения: 25.12.2023).
10. Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем: МР 2.1.10.0031–11 (утв. Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере

- защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 31.07.2011). М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 47 с.
11. Качество воды. Методика оценки и контроля микробиологической среды для подсчета колоний при оценочных испытаниях качества воды. ИСО 9998 – Режим доступа: <https://zakonbase.ru/content/part/284191>. (Дата обращения: 25.12.2023).
 12. МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов». М., 2004. – 75 с.
 13. ГОСТ 24849-2014. Вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условий. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200115427>. (Дата обращения: 25.12.2023).
 14. ГОСТ 31339-2006. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб (с Изменениями № 1, 2). Введение в 2008-07-01. М., 2010. – 16 с.
 15. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология: Учебник / Под ред. В. В. Зверева, А. С. Быкова. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2016. – С. 445–456.
 16. Темякова С. Ю. Патогенетический потенциал *Vibrio vulnificus* как возбудителя септических инфекций / С. Ю. Темяков, Р. В. Писанов, Е. В. Ступникова // Бактериология. – 2023. – Т. 8, № 2. – С. 72–78. DOI: 10.20953/2500-1027-2023-2-72-78.
 17. Сытник Н. А. Химико-токсикологическая характеристика и санитарно- бактериологическое состояние морской среды и моллюсков Керченского пролива и предпроливья Чёрного моря / Н. А. Сытник // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия Естественные науки. – 2023. – № 2 (218). – С. 130–137.
 18. Золотницкий А. П. О возможных экологических последствиях крупномасштабного культивирования мидий в шельфовой зоне Черного моря / А. П. Золотницкий, В. Г. Крючков // Межд. конф. «Современные проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна». Керчь: ЮгНИРО. – 2006. – С. 30–37.
 19. Лунькова Н. И. Санитарно-микробиологическая оценка устриц и морской среды в районе мидийно-устричных ферм на озере Донузлав / Н. И. Лунькова, М. А. Морозова, Е. А. Иванова, И. В. Доценко, Д. В. Димитрова // Сб. тр. IX Международной научно-практич. конф. «Экологические проблемы, взгляд в будущее». – Южный федеральный университет, Ростов на Дону, Таганрог. – 2020. – С. 422–426.
 20. Беленёва И. А. Сезонная динамика численности и биоразнообразия морских гетеротрофных бактерий, населяющих беспозвоночные животные и воду залива Петра Великого, Японское море / И. А. Беленёва, И. В. Жукова // Микробиология. – 2009. – Т. 33 (78). – С. 414–420.
 21. Youschimizu M. Study on intestinal microflora of salmonids / Youschimizu M., Kimura T. // Fish Pathol. – 1976. – 10. – P. 243–259.
 22. The Prokaryotes. An evolving electronic resource for the microbiological community, 2007. <http://141.150.157.117:8080/prokPub/index.htm>
 23. Pujalte M. J. Aerobic and facultative anaerobic heterotrophic bacteria associated to Mediterranean oysters and seawater / Pujalte M. J., Ortigosa M., Macian M. C., Garay E. // Int. Microbiol. – 1999. – 2. – P. 259–266 (1999).
 24. Urdaci M. C. Characterization of 22 *Vibrio* species by gas chromatography analysis of their cellular fatty acids / Urdaci M. C., Marchand M., Grimont P. A. // Res. Microbiol. – 1990. – 141. – P. 437–452.
 25. Guisande Y. A. A set of tests for the phenotypic identifications of culturable bacteria associated with *Galician bivalve* mollusk production / Guisande Y. A., Montes M., Farto R., Armada S. P., Perez M. J., Nieto T. P. // J. Shellfish Res. – 2004. – 23. – P. 599–609.
 26. Garnier M. Molecular and phenotypic characterization of *Vibrio aestuarianus* subsp. *francensis* subsp. nov., a pathogen of the oyster *Crassostrea gigas* / Garnier M., Labreuche Y., Nicolas J. L. // Systematic and Applied Microbiology. – 2008. – 31. – P. 358–365.
 27. Нитяга И. М. Верификация метода выделения *Vibrio parahaemolyticus* из морской рыбы и рыбной продукции / И. М. Нитяга, Б. В. Уша, О. В. Простова // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2019. – № 2 (30). – С.138–143.
 28. Zhang J. Effect of bacteriophages on *Vibrio alginolyticus* infection in the sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka), / Zhang J., Cao Z., Li Z., Wang L., Li H., Wu F., Jin L., Li X., Li S., Xu Y. // J. World Aquac. Soc., – 2015. – 29. – P. 149–158.

29. Ren H. Protective effectiveness of feeding phage cocktails in controlling *Vibrio parahaemolyticus* infection of sea cucumber *Apostichopus japonicus* / Ren H., Li Z., Xu Y., Wang L., Li X. // *Aquaculture* – 2019. – 503. – P. 322–329.
30. Беленева И. А. Физиолого-биохимические свойства галофильных вибрионов *Vibrio parahaemolyticus* и *V. alginolyticus*, изолированных из гидробионтов залива Петра Великого Японского моря / И. А. Беленева, Э. Ф. Масленникова, Т. Ю. Магарламов // *Биология моря*. – 2004. – Т. 30, № 2. – С. 114–119.
31. Santavy D. L. Comparison of bacterial communities associated with the Caribbean sclerosponge *Ceratoporella nicholsoni* and ambient sea water / Santavy D. L., Colwell R. R. // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* – 1990. – 67. – P. 73–80 (1990).
32. Меньшикова Е. А. Общие представления об экологии холерных вибрионов / Е. А. Меньшикова, Е. М. Курбатова, А. В. Миронова // *Ветеринарная патология*. – 2016. – № 3. – С. 23–30.
33. Жукова Е. А. Экологические особенности взаимоотношений холерных вибрионов с другими представителями водной биоты: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Е. А. Жукова. – Волгоград, 2000. – 14 с.
34. Castro Rosas J. Adhesion and colonization of *Vibrio cholerae* O1 on shrimp and crab carapaces / Castro Rosas J., Escartin E. F. // *J. Food. Prot.* – 2002. – 2. – P. 492–298.

SANITARY AND BACTERIOLOGICAL ASSESSMENT OF COMMERCIAL MARINE FISH AND THE MARINE ENVIRONMENT NEAR THE COAST OF CRIMEA AND FRESHWATER FISH IN FARM FISHERIES OF THE PENINSULA

Kobechinsky V. G., Stryukov A. A., Artyomenko M. O.

*Institute of Biochemical Technologies, Ecology and Pharmacy (structural subdivision) of V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia
E-mail: valekohome@mail.ru*

The shelf zones of the Republic of Crimea are places of mass migration of commercial fish – sawfish, anchovy, horse mackerel, silverside, herring, sprat, mackerel, etc. The coastal zone adjacent to the peninsula has a significant resource for growing commercial invertebrates (mussels, oysters, shrimp, etc.), but at the same time it experiences increasing anthropogenic pressure every year. Therefore, constant monitoring based on sanitary and bacteriological assessment of both the marine environment itself and the fish products and farmed invertebrates caught in these areas is so important.

The composition of seawater microflora has a wider spectrum than those found in the organisms of commercial fish and invertebrates. The following types of bacterioflora of the family Vibrionaceae have been identified in seawater: *Vibrio parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. vulnificus*, *V. alguillarum*, *V. fluvialis*, and from the family Aeromonaceae, members of the genus *Aeromonas*. Moreover, it was *V. alginolyticus*, being a halophilic vibrio, that was sown from seawater more often than other species of the genus *Vibrio*. In total, 596 samples of sea and 243 samples of fresh water were studied over 2 years. TMC in seawater at fish sampling points was quite low (5.2–5.5 x 10³ cells/g), increasing in summer at temperatures above 250 C to 8x10⁴ cells/g. The

contamination of soil with heterotrophic microflora, taking into account the seasons, varied from 4.6×10^9 to 9.3×10^{10} cells/g. An increase in bacterial contamination is observed in sea water and soils approaching urban areas due to the constant influx of terrigenous water, which is natural.

In organisms caught in the shelf zone of the seas and the Kerch Strait, 4 species of vibrios from the family were identified in 9 species of commercial fish and invertebrates (mussels). *Vibrionaceae*: *Vibrio alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. anguillarum*, *V. vulnificus* and representatives of the genus *Aeromonas*, from the family *Aeromonaceae*, but their accumulation differs significantly in the species composition of fish. A total of 106 samples of aquatic organisms were selected to assess the bacterioflora. The most common *Vibrio* in the studied biomaterial was *V. parahaemolyticus*, which was found in 68 samples (64.2 %), and it was found both in sea water and in marine organisms. Further, in descending order, vibrios of the genus *Aeromonas* were found (14/13.2 %), which were identified in 4 species of fish: red mullet, goby, carp, silver carp; *V. anguillarum* (12/11.3 %) was found only in pilengas; *V. alginolyticus* was found in biomaterial (10/9.4 %) of 4 species of hydrobionts: red mullet, sprat and anchovy, as well as in mussels. In mussels, *V. parahaemolyticus* and *V. alginolyticus* were most often found, taking into account the sampling sites.

The highest incidence of aeromonads was established in the study of freshwater fish, but their level in tissues is extremely low. In general, the level of vibrio infection in marine commercial fish is quite low, so fish products from the Azov-Black Sea basin, according to our preliminary data, are safe for the population.

Keywords: vibrios, species composition, sea water, commercial fish, mussels, Azov-Black Sea basin.

References

1. *Federal State Statistics Service of the Russian Federation*. Consumption of fish products in 2015-2021. Access mode <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/>. (Date of access: 11/29/2023).
2. Order of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation dated August 2, 2010 N 593 N "On approval of recommendations on rational standards for food consumption that meet modern requirements for a healthy diet." Access mode: <https://prikazminzdravsotsrazvitija-rf-ot-02082010-n-593n/?ysclid=lfq48p9u7427308757>. (Access date: 12/25/2023).
3. Anoshina Yu. F., Naumkina T. V. State regulation of the fishery complex of the Russian Federation in modern conditions, *State and municipal management. Scientific notes of SKAGS*, **2**, 102 (2020).
4. Glubokovsky M. K., Glubokov A. I., Sinyakov S. A. *Prospects for the development of the Russian fishery complex: monograph*, 190 p. (M.: Creative Economy, 2018).
5. *Interstate standard. Protection of Nature. Hydrosphere*. Rules for quality control of sea waters GOST 17.1.3.08-02. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200008295> (Access date: 12/25/2023).
6. Hydrology and geochemistry of the seas // Current state of pollution of the Black Sea waters, Pod. ed. Simonova A. I., Ryabinina A. I., **4, 3**, 203 p. (Sevastopol: ECOSI-Hydrophysics, 1993).
7. *Black Sea Commission. Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution*. 2019. The Black Sea. Access mode: <http://www.blacksea.commission.org>. (Date of access: 02/25/2023).
8. "Report on the state of the environment of the Republic of Crimea in 2021", prepared by the Ministry of Ecology and Natural Resources. Simferopol, 2022. – 400 p. – Access mode: https://meco.rk.gov.ru/uploads/txteditor/meco/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php2_g3lnJ_php4qjkz8_2.pdf. (Date of access: 12/25/2023).

9. *Water quality. General requirements and guidelines for microbiological studies by inoculation on a nutrient medium.* ISO 8199 – Access mode: http://samlib.ru/m/malyga_a_s/iso8199.shtml. (Date of access: 12/25/2023).
10. *Comprehensive assessment of the risk of bacterial intestinal infections transmitted by water:* MR 2.1.10.0031–11 (approved by the Head of the Federal Service for Surveillance in the Sphere of Consumer Rights Protection and Human Welfare, Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation G. G. Onishchenko on July 31. 2011), 47 p. (M.: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2012).
11. *Water quality. Methodology for assessing and monitoring the microbiological environment for colony counts in water quality assessment tests.* ISO 9998 – Access mode: <https://zakonbase.ru/content/part/284191>. (Date of access: 12/25/2023).
12. MUK 4.2.1884-04 “Sanitary-microbiological and sanitary-parasitological analysis of water from surface water bodies”, 75 p. (M., 2004).
13. GOST 24849-2014. *Water. Methods of sanitary-bacteriological analysis for field conditions.* – Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200115427>. (Date of access: 12/25/2023).
14. GOST 31339-2006. *Fish, non-fish objects and products from them.* Acceptance rules and sampling methods (with Amendments No. 1, 2). Introduction to 2008-07-01, 16 p. (M., 2010).
15. *Medical microbiology, virology and immunology:* Textbook, Ed. V. V. Zvereva, A. S. Bykova, 445 (M.: Publishing House “Medical Information Agency” LLC, 2016).
16. Temyakova S. Yu., Pisanov R. V., Stupnikova E. V. Pathogenetic potential of *Vibrio vulnificus* as a causative agent of septic infections, *Bacteriology*, **8**, 2, 72 (2023). DOI: 10.20953/2500-1027-2023-2-72-78.
17. Sytnik N. A. Chemical-toxicological characteristics and sanitary-bacteriological state of the marine environment and mollusks of the Kerch Strait and the pre-strait of the Black Sea, *News of higher educational institutions. North Caucasus region. Series Natural Sciences*, **2** (218), 130 (2023).
18. Zolotnitsky A. P., Kryuchkov V. G. O possible environmental consequences of large-scale cultivation of mussels in the shelf zone of the Black Sea, Intl. conf. “*Modern problems of ecology of the Azov-Black Sea basin*”, 30 (Kerch: YugNIRO, 2006).
19. Lunkova N. I., Morozova M. A., Ivanova E. A., Dotsenko I. V., Dimitrova D. V. Sanitary and microbiological assessment of oysters and the marine environment in the area of mussel-oyster farms on Lake Donuzlav, *Sat. tr. IX International Scientific and Practical. conf. "Environmental problems, a look into the future"*, 422 (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Taganrog, 2020).
20. Beleneva I. A., Zhukova I. V. Seasonal dynamics of the number and biodiversity of marine heterotrophic bacteria inhabiting invertebrate animals and the water of Peter the Great Bay, Sea of Japan, *Microbiology*, **33** (78), 414 (2009).
21. Youschimizu M., Kimura T. Study on intestinal microflora of salmonids, *Fish Pathol.*, **10**, 243 (1976).
22. *The Prokaryotes. An evolving electronic resource for the microbiological community*, 2007. <http://141.150.157.117:8080/prokPub/index.htm>
23. Pujalte M. J., Ortigosa M., Macian M. C., Garay E. Aerobic and facultative anaerobic heterotrophic bacteria associated to Mediterranean oysters and seawater, *Int. Microbiol.*, **2**, 259 (1999).
24. Urdaci M. C., Marchand M., Grimont P. A. Characterization of 22 *Vibrio* species by gas chromatography analysis of their cellular fatty acids, *Res. Microbiol.* **141**, 437 (1990).
25. Guisande Y. A., Montes M., Farto R., Armada S. P., Perez M. J., Nieto T. P. A set of tests for the phenotypic identifications of culturable bacteria associated with Galician bivalve mollusk production, *J. Shellfish Res.*, **23**, 599 (2004).
26. Garnier M., Labreuche Y., Nicolas J. L. Molecular and phenotypic characterization of *Vibrio aestuarianus* subsp. *francensis* subsp. nov., a pathogen of the oyster *Crassostrea gigas*, *Systematic and Applied Microbiology*, **31**, 358 (2008).
27. Nityaga I. M., Usha B. V., Prostova O. V. Verification of the method for isolating *Vibrio parahaemolyticus* from marine fish and fish products, *Russian magazine "Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology"*, **2** (30), 138 (2019).
28. Zhang J., Cao Z., Li Z., Wang L., Li H., Wu F., Jin L., Li X., Li S., Xu Y. Effect of bacteriophages on *Vibrio alginolyticus* infection in the sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka), *J. World Aquac. Soc.*, **29**, 149 (2015).

29. Ren H., Li Z., Xu Y., Wang L., Li X. Protective effectiveness of feeding phage cocktails in controlling *Vibrio parahaemolyticus* infection of sea cucumber *Apostichopus japonicus*, *Aquaculture*, **503**, 322 (2019).
30. Beleneva I. A., Maslennikova E. F., Magarlamov T. Yu. Physiological and biochemical properties of halophilic vibrios *Vibrio parahaemolyticus* and *V. alginolyticus* isolated from hydrobionts of the Peter the Great Bay of the Sea of Japan, *Marine biology*, **30**, **2**, 114 (2004).
31. Santavy D. L., Colwell R. R. Comparison of bacterial communities associated with the Caribbean sclerosponge *Ceratoporella nicholsoni* and ambient sea water, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **67**, 73 (1990).
32. Menshikova E. A., Kurbatova E. M., Mironova A. V. General ideas about the ecology of *Vibrio cholerae*, *Veterinary pathology*, **3**, 23 (2016).
33. Zhukova E. A. *Ecological features of the relationship between cholera vibrios and other representatives of aquatic biota*: abstract of thesis. dis. ...cand. honey. Sciences, 14 p. (Volgograd, 2000).
34. Castro Rosas J., Escartin E. F. Adhesion and colonization of *Vibrio cholerae* O1 on shrimp and crab carapaces, *J. Food. Prot.*, **2**, 492 (2002).

УДК 612

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-131-144

ОСОБЕННОСТИ РАЦИОНА ПИТАНИЯ, ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРОВИ СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА И НАЦИОНАЛЬНОСТИ

Кругликова Е. В.¹, Айзман Р. И.^{2,3}

¹*Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия*

²*Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия*

³*Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, Новосибирск, Россия*

E-mail: ekaterinavasiljevna@yandex.ru

Проведен сравнительный анализ компонентов рациона питания, антропометрических параметров и биохимических показателей крови студентов вуза первого и второго курсов в зависимости от пола и национальной принадлежности – русских (Р), алтайцев и казахов (АК). Выявлено, что макронутриентный состав рациона студентов обеих этно-национальных групп не имел значимых различий. Русские девушки были достоверно выше девушек алтайско-казахской группы на 1-м курсе, увеличение этого показателя ко 2-му году обучения выявлено у всех студентов. Масса тела увеличилась на втором курсе у юношей за счёт роста жировой ($r=0,7$) и мышечной ($r=0,6$) тканей, у девушек – жировой ($r=0,8$). В алтайско-казахской группе масса тела возросла только у юношей, коррелируя с ростом мышечного компонента тела ($r=0,9$). Различий показателей сыворотки крови не было выявлено, достоверно уровень ОХС повысился на втором курсе у всех девушек.

Ключевые слова: рацион питания, студенты, антропометрические показатели, биохимические параметры, годовая динамика.

ВВЕДЕНИЕ

Переход к обучению в вузе сопровождается стрессовыми факторами для студентов младших курсов: смена условий проживания, возрастание учебной нагрузки, новая социальная среда и т.д., что может приводить к напряжению адаптационных ресурсов [1, 2].

Внимания требуют аспекты, связанные с аккультурацией питания: установлено, что традиционный тип питания, сформированный в определенных климатогеографических и семейных условиях, присущих тем или иным этно-национальным группам, претерпевает изменения и трансформируется в урбанизированный, под влиянием социальных факторов [3–5]. Данный переход может сопровождаться метаболическими нарушениями из-за дефицита/избытка поступления отдельных групп макро- и микронутриентов; например, развитие ожирения связывают с чрезмерным потреблением таких компонентов рациона питания как жиры и углеводы [4, 6, 7]. Существенную роль в изменении структуры питания играют также половые особенности [8].

Основными этническими группами, проживающими на территории Республики Алтай, являются алтайцы и казахи, для которых белково-липидный тип питания является преимущественным [9]. Однако довольно весомый процент среди студенческой молодежи имеют родившиеся и выросшие на Алтае русские девушки и юноши. Так, согласно статистическим данным, полученным в результате обращения в учебно-методическое управление ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет», в университете обучается 57,4 % русских, 24,2 % алтайских и 15,2 % казахских студентов. На остальную долю обучающихся приходится метисы и студенты иных национальностей.

В этой связи целью нашего исследования было оценить различия рациона питания, показателей физического развития и биохимических параметров сыворотки крови студентов на первом и втором курсах в зависимости от пола и национальной принадлежности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводили в г. Горно-Алтайске с участием обучающихся ФГБОУ ВО «Горно-Алтайский государственный университет» в период 2020–2022 гг. С повторным участием исходно набранных респондентов по единой методике обследовали 105 человек в начале учебного года на первом и втором курсах. Критериями включения в программу исследования являлись: наличие письменного согласия, возраст старше 18 лет, отсутствие заболеваний и медицинских противопоказаний.

Для уточнения общих сведений об участниках использовали анкеты, в которых студенты указывали пол, год и дату рождения, национальность, регион проживания до поступления в учебное заведение. На основе анкетных данных осуществляли деление выборки студентов по этно-национальному признаку: русские (Р), алтайцы (А) и казахи (К). Национальный состав выборки представлен 50,4 % русских студентов, 25,8 % алтайцев и 14,4 % казахов. Учитывая, что студенты алтайской и казахской национальностей относятся к одной этно-национальной группе азиатских народностей и по всем исследуемым показателям не имели достоверных отличий, для сопоставления с русскими студентами и анализа объединили эти две национальные группы в одну алтайско-казахскую (АК). Средний возраст русских студентов ($n=54$) в год набора составлял $18,3\pm 0,0$ лет, студентов алтайской и казахской национальностей ($n=51$) – $19,0\pm 0,1$ лет. Дополнительно внутри Р и АК групп произвели деление по полу (табл. 1):

Таблица 1

Группы обследуемых студентов по национальности и полу

№	Этнонациональные группы	пол	n	возраст, лет	Городских жителей до поступления в вуз, %
1.	Р	Девушки (РД)	31	18,4±0,1	18
2.		Юноши (РЮ)	23	18,3±0,0	20
3.	АК	Девушки (АКД)	27	19,3±0,3	14
4.		Юноши (АКЮ)	24	18,7±0,2	13

Как видно из таблицы 1, количество русских студентов, проживавших в городе до поступления в вуз, было больше, чем студентов АК группы, однако большинство обучающихся во всех подгруппах прибыли из сельской местности Республики Алтай (87 %) и из сёл и городов других регионов (13 %).

Для выявления макронутриентного состава рациона питания студенты в течение недели (7 дней) ежедневно вели дневник питания, описывая продукты и блюда (в граммах), потребляемые в течение суток, соответственно на завтрак, полдник, обед, ужин, перекус. После сбора данных дневника питания, используя табличные данные справочника «Химический состав пищевых продуктов» [10], оценивали количественный среднесуточный макронутриентный состав рациона: белков (Б), в том числе белков животного происхождения $B_{(жив)}$, жиров (Ж) и углеводов (У). Исходя из количества потребляемых макронутриентов, рассчитывали среднесуточную калорийность рациона (КР). Границы норм потребления энергии и пищевых веществ исследуемой категории населения показаны в таблице 2 [11]. Дополнительно оценивали количество потребляемых полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в составе жиров и пищевых волокон (ПВ) углеводов.

Таблица 2

Нормы физиологических потребностей энергии и пищевых веществ юношей и девушек 18-29 лет

Пол/макронутриент	Б, г	Ж, г	У, г	Ккал, сут
Д	61–66	67–73	289–318	2000–2200
Ю	72–80	81–93	358–411	2450–2800

Оценку антропометрических параметров проводили по методике В. В. Бунака (1941). Оборудованием для измерения длины тела (ДТ) служил ростомер, с точностью до 0,5 см, массы тела (МТ) – медицинские напольные весы с точностью до 100 гр. Индекс массы тела (ИМТ, $кг/м^2$) определяли, как отношение массы тела (кг) к квадрату длины тела ($м^2$).

Жировой компонент (ЖК) и мышечный компонент (МК) измеряли с использованием биоимпедансметра (Tanita bc-545n) в режиме частоты переменного

тока 50 кГц и силы тока 500 мА при ручном наложении электродов и расположении ступней стоящего пациента на ширине плеч.

Биохимические параметры крови пациентов исследовали в лаборатории «Инвитро» спектрофотометрическим методом на биохимическом анализаторе BS-380 (Китай). Медицинские работники осуществляли забор крови из локтевой вены студентов, пришедших на процедуру в утреннее время суток, натощак, и не употреблявшие в течение суток перед исследованием жирной пищи, алкоголя, сильнодействующих лекарственных препаратов. Были измерены содержание общего холестерина сыворотки крови (ОХС), холестерин-липопротеинов высокой (ХС-ЛПВП) и низкой плотности (ХС-ЛПНП), триглицеридов (ТГ), глюкозы (ГЛ).

Используя программу STATISTICA 10.0 (StatSoft, США), определяли нормальность распределения с помощью метода Колмогорова-Смирнова. Данные представлены в виде среднего значения и его ошибки, $M \pm m$. Достоверность ($p < 0,05$) различий между русскими и студентами алтайско-казахской группы в пределах каждого курса и пола определяли, используя Манна-Уитни критерий. Значимость годовых изменений оценивали путём использования критерия Вилкоксона. Взаимосвязь между группами данных определяли по Пирсону, $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ структуры питания студентов показал, что количество белка животного происхождения и жиров рациона статистически достоверно возросло с 1-го ко 2-му курсу у всех студенток, независимо от национальной принадлежности. Выявлено, что в отличие от русских, у девушек АК группы на втором курсе произошло значимое увеличение количества среднесуточного потребления общего белка (рис. 1, табл. 3). Доля ПНЖК в составе жиров увеличилась только у русских девушек. Потребление углеводов снизилось у девушек обеих изучаемых национальных групп. При этом годовые трансформации среднесуточного количества макронутриентов в структуре питания студенток не привели к значимым изменениям общей калорийности рациона.

У юношей межгодовых и межнациональных различий в среднесуточном потреблении белков и жиров не выявлено (рис.1, табл. 3). Отмечено достоверное снижение количества углеводов в рационе питания студентов на втором курсе у обеих этнонациональных групп по сравнению с первым, и, вследствие этого, значимое снижение общей калорийности рациона у всех студентов мужского пола.

Исходно и в динамике значимых различий макронутриентного состава рациона питания между русскими и студентами алтайско-казахской группы выявлено не было, что может косвенно свидетельствовать об относительной однородности пищевого ассортимента обеих групп. По соотношению количества потребляемых макронутриентов в сутки тип питания всех студентов относился к белково-липидному. У всех студентов обнаружен недостаток жиров и углеводов в фактическом пищевом рационе. Среднесуточное потребление белка девушками всех этнонациональных групп было в пределах нормы, у юношей отмечено некоторое превышение его количества в сутки. Несбалансированность и недостаточность рациона является общей тенденцией студентов высших учебных заведений Российской Федерации в связи с

нарушением режимности питания и ограниченным употреблением продуктов, богатых эссенциальными макро- и микронутриентами [12–14].

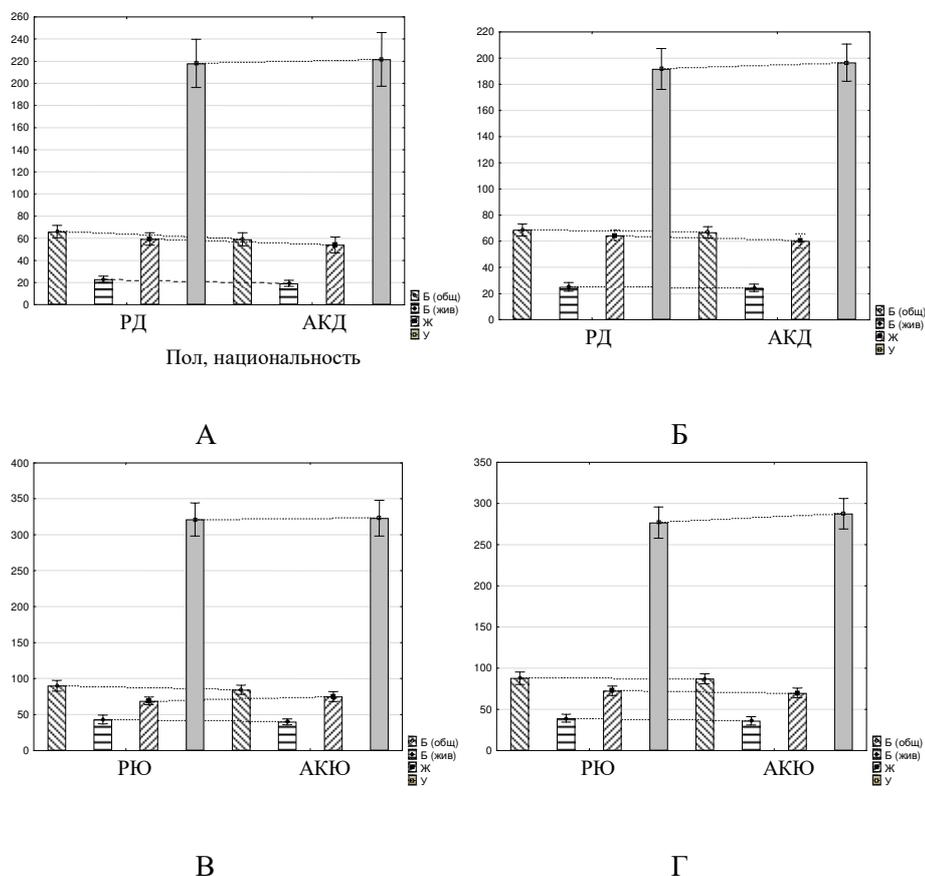


Рис. 1. Количество потребляемых макро- и микронутриентов девушками на первом (А) и втором (Б) курсе, юношами на первом (В) и втором (Г) курсе

Анализ антропометрических показателей выявил, что длина тела исходно достоверно отличалась между русскими студентками и девушками алтайско-казахской группы. Ко второму курсу произошло увеличение роста у всех обследуемых женского пола с сохранением достоверной разницы между группами.

Выявлено, что девушки алтайского и казахского происхождения ниже русских в среднем на 5,1 см, что согласуется с литературными данными, где при сравнении антропометрических параметров взрослого населения Горного Алтая установлено, что длина тела алтайцев меньше, чем русских [15]. Однородность алтайско-казахской группы по показателю длины тела подтверждается в исследованиях, проведенных с участием подростков и взрослых этих национальностей [16].

Таблица 3

Показатели компонентов рациона питания, физического развития и биохимических параметров сыворотки крови студентов разных национальностей (M±m)

Курс Националь- ность, пол	1				2			
	РД	РЮ	АКД	АКЮ	РД	РЮ	АКД	АКЮ
Компоненты рациона питания								
Б _(общ) , Г	65,2±2,9	90,1±3,5	59,0±2,9	84,7±3,0	68,4±2,2	87,9±3,7	66,9*±2,1	86,8±2,9
Б _(жив) , Г	22,3±1,5	43,2±2,3	19,3±1,3	39,8±1,9	24,8*±1,6	39,2±2,3	24,3*±1,4	36,1±2,4
Ж, Г	58,5± 2,7	69,0± 2,6	53,9± 3,5	75,2± 3,3	64,4± 1,9	72,5± 2,8	60,2± 2,6	69,9± 2,7
ПНЖК, Г	4,6±0,3	8,5±0,5	4,7±0,5	8,3±0,6	5,7*±0,4	9,2±0,5	5,2±0,5	8,2±0,5
У, Г	217,0± 10,4	321,2± 0,5	221,7± 11,8	323,7± 11,7	192,3± 7,5	276,8± 9,1	196,6± 6,9	287,1± 8,7
ПВ, Г	12,6±0,6	16,0±1,0	11,6±0,9	14,9±1,3	12,8±0,7	15,1±0,6	15,1±0,6	14,6±1,1
КР, ккал	1670,2± 59,8	2338,5± 59,3	1627,9± 69,3	2375,0± 88,9	1658,2± 37,2	2161,9± 57,5	1629,7± 34,5	2174,7± 45,8
Параметры физического развития								
ДТ, см	163,5*± 1,1	175,7± 1,2	158,4± 0,8	174,6± 1,3	164,2*± 1,0	177,0*± 1,2	159,3*± 0,8	175,9*± 1,3
МТ, кг	60,4±1,9	70,2±2,3	56,7±1,6	65,6±1,6	63,3*±2,2	71,7*±2,2	57,4±1,6	66,6*±1,5
ИМТ, кг/м ²	22,7±0,7	22,7±0,7	22,6±0,6	21,5±0,5	23,2±0,8	22,9±0,7	22,6±0,6	21,5±0,4
ОСЖ, %	27,7±1,3	15,0±1,2	26,4±1,2	13,8±0,7	28,9*±1,3	16,0±1,4	27,8±1,2	13,5±0,7
МК, %	40,7±1,0	54,9±1,7	38,8±0,9	52,9±1,4	41,6*±1,0	56,5*±1,8	38,9±1,5	55,3*±1,4
Биохимические показатели крови								
ОХС, ммоль/л (<5,0)	3,8±0,1	3,7±0,1	3,9±0,1	3,6±0,1	4,1*±0,1	3,6±0,2	4,1*±0,1	3,6±0,1
ХС- ЛПНП, ммоль/л (<3,0)	2,1±0,1	2,0±0,1	2,2±0,1	1,9±0,1	2,2±0,1	1,9±0,1	2,2±0,1	1,7±0,1
ХС- ЛПВП, ммоль/л (>1,2)	1,5±0,1	1,3±0,1	1,5±0,1	1,3±0,0	1,6±0,1	1,4*±0,1	1,8*±0,1	1,4±0,1
ТГ, ммоль/л (<1,7)	0,4±0,0	0,3±0,0	0,4±0,0	0,3±0,0	0,5*±0,0	0,5*±0,0	0,5*±0,0	0,4*±0,0
ГЛ, ммоль/л (3,3-6,0)	4,8±0,1	4,9±0,1	4,9±0,1	4,9±0,1	4,9±0,1	4,9±0,1	4,7±0,1	4,8±0,1

Примечание: РД – русские девушки, РЮ – русские юноши, АКД – девушки алтайской и казахской национальностей, АКЮ – юноши алтайской и казахской национальностей.

* – достоверные межнациональные различия ($p < 0,05$) в пределах одного пола и курса;

* – в пределах одного пола и национальности между курсами.

Межнациональных различий в массе тела девушек не выявлено. Масса тела за год достоверно повысилась только у русских девушек. С помощью построения корреляционных взаимосвязей выявлено, что на первом и втором курсе вклад в массу тела русских девушек составлял преимущественно жировой ($r=0,8$) компонент, и в меньшей степени мышечный ($r=0,6$) (рис. 2, А и Б). Выявлен равный вклад мышечного ($r=0,7$) и жирового компонентов ($r=0,7$) в массу тела девушек алтайско-казахской группы на первом и втором курсе (рис. 2, В и Г).

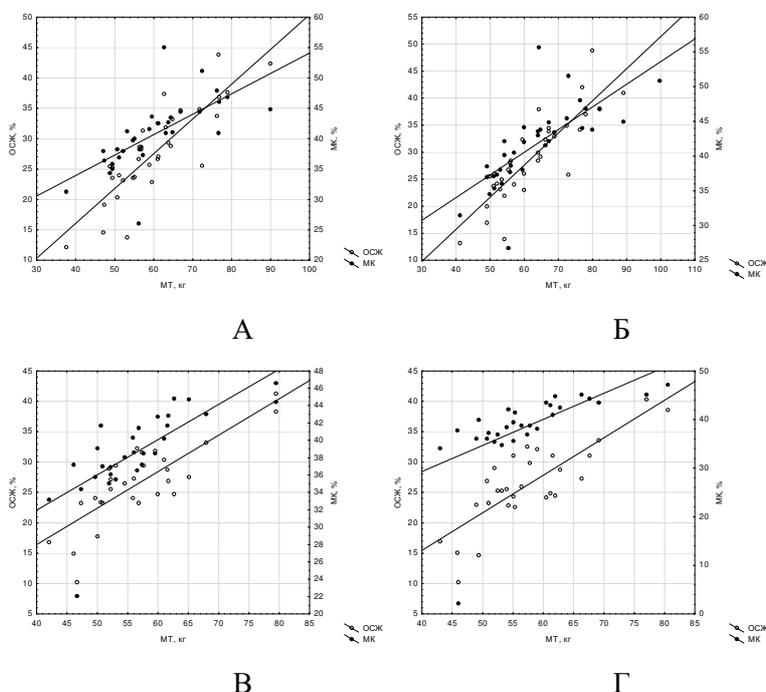


Рис. 2. Зависимость компонентов состава тела и массы тела у РД на первом (А) и втором (Б) курсе; у АКД на первом (В) и втором (Г) курсе.

У юношей длина и масса тела не отличалась между национальными группами, но в динамике обучения отмечался достоверный прирост обоих показателей ко второму курсу.

У русских юношей вклад в массу тела на первом курсе был обусловлен преимущественно содержанием жирового ($r=0,8$) и в меньшей степени мышечного ($r=0,6$) компонента (рис. 3, А). Прирост массы тела русских юношей происходил за счёт примерно равного вклада мышечной ($r=0,6$) и жировой тканей ($r=0,7$) (рис. 3, Б).

У юношей алтайско-казахской группы на первом курсе массу тела составлял преимущественно мышечный компонент ($r=0,8$), в меньшей степени – жировой ($r=0,6$) (рис. 3, В). На второй год масса их тела увеличивалась за счёт роста мышечного компонента ($r=0,9$), вклад жирового компонента аналогичен таковому на первом курсе ($r=0,6$) (рис. 3, Г).

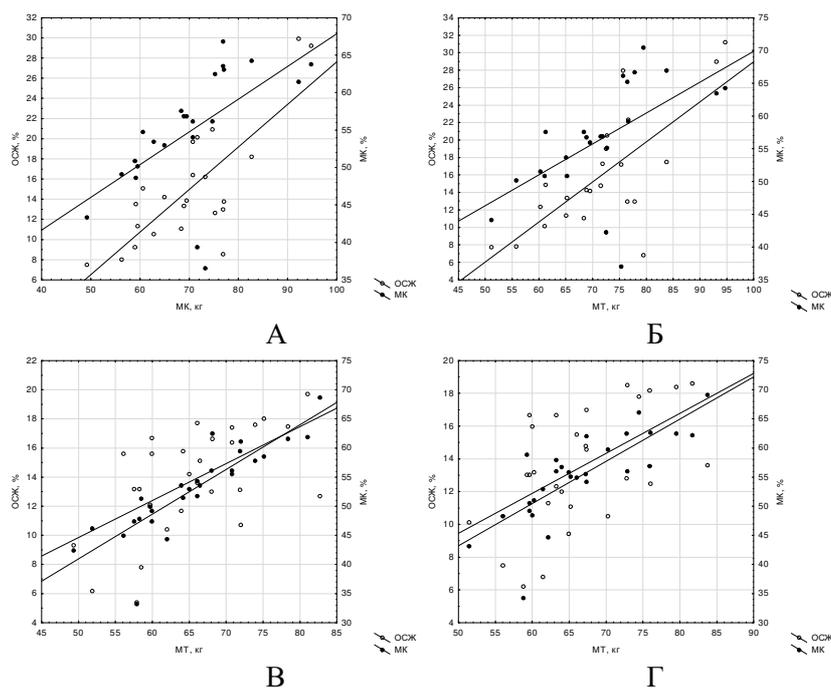


Рис. 3. Зависимость компонентов состава тела и массы тела у РЮ на первом (А) и втором (Б) курсе; у АКЮ на первом (В) и втором (Г) курсе.

Юноши и девушки алтайско-казахской и русской национальностей не имели значений ИМТ, не соответствующих норме. Увеличение массы тела русских девушек происходило за счёт накопления жировой ткани в сравнении с девушками алтайско-казахской группы. Согласно данным обзора эпидемиологических исследований ожирения в Российской Федерации, склонность к накоплению жировой массы у женщин имеет возрастную динамику [17]. В исследовании Парфентьевой О. И. и др. было установлено, что избыточный вес и ожирение характерны для алтайцев и тувинцев с наибольшими значениями ИМТ у женщин этих национальностей [15].

Анализ биохимических показателей крови выявил, что уровень ОХС достоверно увеличился у всех девушек (табл. 3), при этом у русских студенток исходно вклад в его содержание был частично обусловлен концентрацией ХС-ЛПНП на первом курсе ($r=0,5$), с сохранением данной тенденции на втором ($r=0,5$) (рис. 4, А и Б).

У студенток АКД группы увеличение ОХС на втором курсе коррелировало с ростом только ХС-ЛПВП ($r=0,4$) (рис. 4, В и Г). Уровень ТГ сыворотки крови повысился у девушек всех национальностей.

У юношей биохимические показатели крови изменились следующим образом: у русских студентов ко 2-му курсу значимо повысился уровень ХС-ЛПВП, и у всех юношей увеличился уровень ТГ крови.

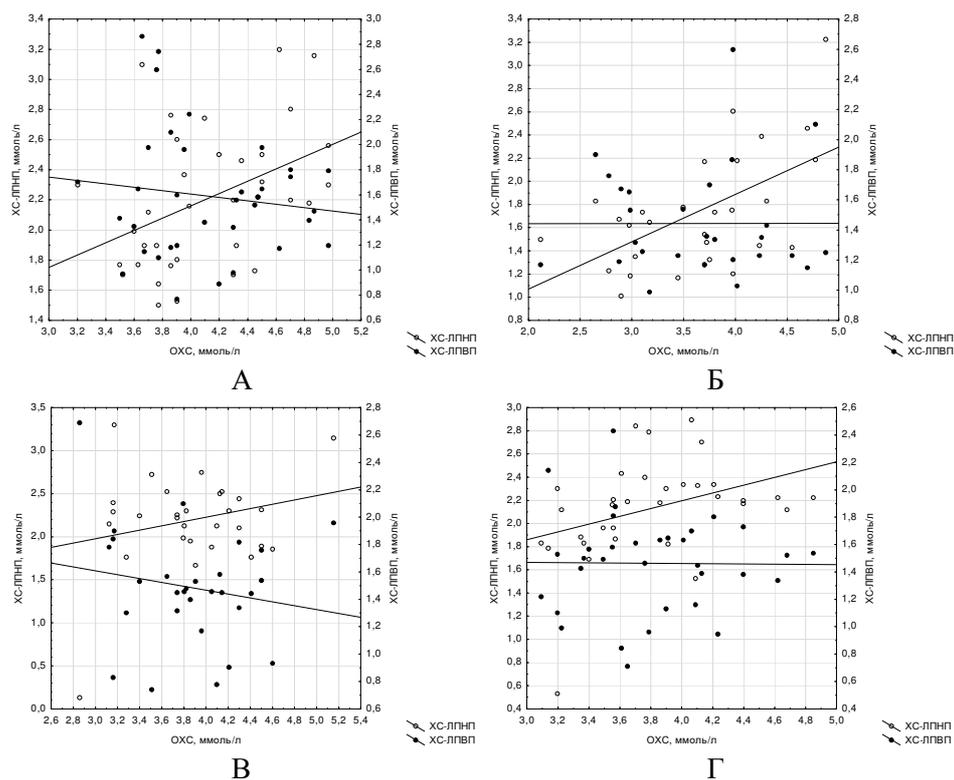


Рис. 4. Корреляционная связь биохимических показателей крови у РД на первом (А) и втором (Б) курсе; у АКД на первом (В) и втором (Г) курсе.

Достоверных различий биохимических показателей сыворотки крови в зависимости от пола и национальности не было выявлено. Значения показателей сыворотки крови, характеризующих метаболизм жиров и углеводов юношей и девушек, находились в пределах референсных значений. Увеличение уровня холестерина сыворотки крови девушек и триглицеридов всех студентов отражает общую тенденцию роста показателей в возрастной динамике [18, 19]. Согласно данным исследований, частота нарушений углеводного и липидного обмена возрастала среди обследуемых, относящихся к зрелому и пожилому возрасту [20–22]. Однако изменчивость показателей как углеводного, так и липидного метаболизма зависит от этно-национальных особенностей, что, прежде всего, обусловлено генетически [6, 9, 23]. Российская Федерация является многонациональной страной, поэтому степень адаптивности систем метаболической регуляции организма молодых людей разных этнических групп при смене климатогеографических и социально-бытовых условий в связи с переходом на иной образовательный уровень требует дальнейшей оценки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование позволило сделать следующие выводы:

1. В первый и второй год обучения значимых гендерных и межнациональных различий макронутриентного рациона питания не выявлено, что, вероятно, связано с относительной однородностью питания в молодежной студенческой среде. У девушек-студенток алтайско-казахской группы в годовой динамике значительно возросло количество общего белка и животного, жиров в рационе, у юношей оставалось в прежних пределах. У русских девушек увеличилось количество животного белка и жира в рационе, у русских юношей значимых годовых изменений не выявлено. У всех студентов снизилось количество углеводов рациона на втором курсе.
2. Длина тела русских девушек была достоверно выше девушек другой национальной группы, среди юношей таких различий не выявлено. Ко второму курсу у всех студентов достоверно увеличилась длина тела при сохранении исходных выявленных отличий. Показатели массы тела увеличились у всех русских студентов обоего пола, в алтайско-казахской группе – только у юношей. Масса тела возрастала за счёт увеличения жировой и мышечной тканей у русских юношей, жировой ткани – у русских девушек, мышечной ткани – у юношей алтайско-казахской группы.
3. Половых и межнациональных различий биохимических параметров липидного и углеводного обменов у студентов выявлено не было. Концентрация ОХС достоверно повысилась на втором курсе у всех студенток. Рост ОХС у русских девушек на втором курсе коррелировал с уровнем ХС-ЛПНП, у девушек алтайско-казахской группы – с уровнем ХС-ЛПВП. У русских юношей на втором курсе значительно повысилась концентрация ХС-ЛПВП, у юношей алтайско-казахской группы годовых изменений биохимических показателей крови не выявлено. В сыворотке крови студентов всех национальностей повысился уровень ТГ.

Список литературы

1. Никулина А. В. Совершенствование адаптации студентов младших курсов к условиям высшей школы / Никулина А. В. // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № S1. – С. 68–76.
2. Артеменков А. А. Этиопатогенетические механизмы возникновения дезадаптивных расстройств у человека в процессе обучения / Артеменков А. А. // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 2018. – Т. 62, № 2. – С. 122–128.
3. Лебедева У. М. Актуальные вопросы культуры питания населения Якутии: современное состояние, проблемы и перспективы развития / У. М. Лебедева, К. М. Степанов, А. М. Лебедева [и др.] // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. – 2017. – № 4(09). – С. 55–58.
4. Козлов А. И. Связанные с потреблением углеводных продуктов нутрициологические и генетические риски развития ожирения у коренных северян / Козлов А. И. // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88, № 1. – С. 5–16.
5. Андреева Л. А. Аккультурация в сфере национальной кухни / Андреева Л. А., Филимонова Н. В., Хопияйнен О. А. [и др.] // Историческая и социально-образовательная мысль. – 2018. – Том. 10, № 5-2. – С. 35–42.

6. Даренская М. А. Показатели метаболического статуса у подростков тофаларов, представителей малого коренного этноса Восточной Сибири / М. А. Даренская, Л. И. Колесникова, Л. В. Рычкова [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. – 2018. – Т. 17, № 2. – С. 31–40.
7. Аверьянова И. В. Этнические особенности профиля минеральных элементов рациона питания молодых жителей Магаданской области / Аверьянова И. В. // Профилактическая медицина. – 2019. – Т. 22, № 6-2. – С. 72–77.
8. Мартинчик А. Н. Анализ ассоциации структуры энергии рациона по макронутриентам и распространения избыточной массы тела и ожирения среди населения России / А. Н. Мартинчик, А. К. Батулин, А. О. Камбаров // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 3. – С. 40–53.
9. Чанчаева Е. А. Биохимические показатели крови коренных жителей низкогорья и среднегорья Горного Алтая разных национальностей в связи с особенностями питания / Е. А. Чанчаева, Р. И. Айзман // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2011. – Т. 31, № 6. – С. 146–153.
10. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 36 с.
11. Скурихин И. М. Таблицы химического состава и калорийности Российских продуктов питания. Справочник. / Скурихин И. М., Тутельян В. А. – М.: ДеЛиПринт, 2007. – 276 с.
12. Горбаткова Е. Ю. Изучение фактического питания современной студенческой молодежи. / Горбаткова Е. Ю. // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99(3). – С. 291–297.
13. Чудинин Н. В. Нутриентный состав питания студентов младших курсов медицинского вуза / Н. В. Чудинин, И. С. Ракитина, А. А. Дементьев // Здоровье населения и среда обитания – ЗНисО. – 2020. – № 2(323). – С. 16–20.
14. Сетко А. Г. Гигиеническая оценка фактического питания студентов медицинского вуза и факторов, его формирующих / А. Г. Сетко, Е. В. Булычева, Н. П. Сетко [и др.] // Оренбургский медицинский вестник. – 2019. – Т. 7, № 2(26). – С. 57–63.
15. Парфентьева О. И. Центральное ожирение у современного молодого городского населения Республики Алтай и Республики Тувы. Антропогенетические аспекты / О. И. Парфентьева, А. Э. Праведникова, Е. В. Айбыжы [и др.] // Вестник археологии, антропологии и этнографии. – 2023. – № 1(60). – С. 130–138.
16. Чанчаева Е. А. Фенотипические признаки чуйских казахов и южных алтайцев / Е. А. Чанчаева, М. Г. Сухова, Р. И. Айзман // Экология человека. – 2020. – № 2. – С. 45–50.
17. Алферова В. И. Распространенность ожирения во взрослой популяции Российской Федерации (обзор литературы) / В. И. Алферова, С. В. Мустафина // Ожирение и метаболизм. – 2022. – Т. 19, № 1. – С. 96–105.
18. Игонина Н. А. Уровень холестерина в популяции взрослого населения РФ 20–70 лет / Н. А. Игонина, Е. А. Журавлева, Е. А. Кондрашева [и др.] // Атеросклероз и дислипидемии. – 2012. – № 4. – С. 68–72.
19. Шабалин В. В. Распространенность нарушений углеводного обмена и ассоциация с сердечно-сосудистыми заболеваниями в крупном сибирском регионе / В. В. Шабалин, Ю. И. Гринштейн, Р. Р. Руф [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2022. – Т. 27, № 5. – С. 22–29.
20. Власова О. С. Возрастные изменения параметров углеводного обмена и обеспеченности витаминами В1, В2 у жителей двух северных регионов / О. С. Власова, Ф. А. Бичкаева // Клиническая лабораторная диагностика. – 2021. – Т. 66, № 8. – С. 465–471.
21. Мамедов М. Н. Оценка нарушений липидного обмена и гипергликемии в открытой популяции 30–69 лет: Результаты многоцентрового исследования / М. Н. Мамедов, Л. Т. Сушкова, Р. В. Исаков [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2023. – Т. 22, № 6. – С. 46–53.
22. Wong M. W. K. Plasma lipidome variation during the second half of the human lifespan is associated with age and sex but minimally with BMI / N. Braidy, R. Pickford, F. Vafaee [et al.] // PLoS One. – 2019. – Vol. 14, No. 3.
23. Власова О. С. Ассоциации полиненасыщенных жирных кислот и параметров углеводного обмена у девушек северных регионов / О. С. Власова, Т. В. Третьякова, Ф. А. Бичкаева [и др.] // Экология человека. – 2019. – № 6. – С. 51–58.

**FEATURES OF THE DIET, PHYSICAL DEVELOPMENT AND BIOCHEMICAL
PARAMETERS OF THE BLOOD IN STUDENTS DEPENDING ON
NATIONALITY**

Kruglikova E. V.¹, Aizman R. I.^{2,3}

¹*Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russian Federation*

²*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russian Federation*

³*Novosibirsk Research Institute of Hygiene Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russian Federation*

E-mail: ekaterinavasiljevna@yandex.ru

The transition to higher education is accompanied by stressful factors for students: a change in living conditions, an increase in academic workload, a new social environment, which can lead to a strain on adaptive resources. The purpose of our study was to assess the differences in diet, indicators of physical development and biochemical parameters of the blood serum of students in the first and second years, depending on gender and nationality.

A study was conducted among university students of the first and second courses to evaluate the content of the main components of the diet total protein, animal protein, dietary fats, polyunsaturated fatty acids and carbohydrates by the questionnaire method, indicators of physical development body length, body weight, according to the method of V.V. Bunak, body composition muscle mass and fat mass by the bioimpedance analysis and biochemical parameters of blood serum total cholesterol (TC), high- and low-density lipoprotein cholesterol (HDL-C and LDL-C), serum triglycerides (TG) and glucose concentrations by spectrophotometric method. A comparative analysis of the data obtained was carried out the dependence of the gender and nationality of the respondents – Russians, Altaians and Kazakhs. It was revealed that the type of nutrition of students belonging to Asian nationalities remained traditional within certain limits, but did not meet the norms for the consumption of nutrients and energy, as well as for Russian students. For female students of the Altai-Kazakh group, the amount of total protein and animal and fat in the diet increased significantly over the course of the year, while for male students it remained within the same limits. Russian girls increased the amount of animal protein and fat in their diet; Russian boys showed no significant annual changes. All students decreased the amount of carbohydrates in their diet in the second year.

The body length of Russian girls was significantly higher than girls of the other national group; no such differences were found among boys. By the second year, all students had a significant increase in body length while maintaining the initial differences identified. Body weight indicators increased among all Russian students of both sexes, in the Altai-Kazakh group – only among young men. Body weight increased due to an increase in adipose and muscle tissue in Russian boys, adipose tissue in Russian girls, muscle tissue in boys of the Altai-Kazakh group.

There were no gender or ethnic differences in the biochemical parameters of lipid and carbohydrate metabolism among students. The concentration of total cholesterol increased significantly in the second year for all female students. The increase in total cholesterol in Russian girls in the second year correlated with the level of LDL-C, in girls of the Altai-

Kazakh group – with the level of HDL-C. In Russian boys in the second year, the concentration of HDL cholesterol significantly increased; in the boys of the Altai-Kazakh group, no annual changes in biochemical blood parameters were detected. An increase in blood triglycerides in the annual dynamics was noted among students of all nationalities.

Keywords: diet, students, anthropometric indicators, biochemical parameters, year dynamics.

References

1. Nikulina A. V. Enhancement of freshmen's adaptation to high school, *Human. Sport. Medicine*, **19** (S1), 68 (2019).
2. Artemenkov A. A. Etiopathogenetic mechanisms of disadaptive disorders in students during training, *Pathological physiology and experimental therapy*, **62** (2), 122 (2018).
3. Lebedeva U. M., Stepanov K. M., Lebedeva A. M., Platonova R. I., Petrova M. N., Borisova I. Z. Food culture in Yakutia: current state, problems and prospects of development, *Bulletin of M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. Series: Medical Sciences*, **4** (09), 55 (2017).
4. Kozlov A. I. Carbohydrate-related nutritional and genetic risks of obesity for indigenous northerners, *Problems of Nutrition*, **88** (1), 5 (2019).
5. Andreeva L. A., Filimonova N. V., Hopiaynen O. A., Moldanova T. A. Acculturation in the national kitchen sphere, *Historical and Social Educational Idea*, **10** (5-2), 35 (2018).
6. Darenskaya M. A., Kolesnikova L. I., Rychkova L. V., Grebenkina L. A., Khramova E. E., Kolesnikov S. I. Indicators of the metabolic status of Tofalar teenagers, representatives of small indigenous ethnos of Eastern Siberia, *Bulletin of Siberian Medicine*, **17** (2), 31 (2018).
7. Aver'yanova I. V. Ethnic features of the dietary mineral profile in young male residents of the Magadan Region, *The Russian Journal of Preventive Medicine*, 22 (6-2), 72 (2019).
8. Martinchik A. N., Baturin A. K., Kambarov A. O. Analysis of the association of diet energy from macronutrients and prevalence of overweight and obesity among the Russian population, *Problems of Nutrition*, **89** (3), 40 (2020).
9. Chanchayeva Ye. A., Aizman R. I. The biochemical measures of blood at the indigenous people of different nationalities living at low and mid levels of Gorny Altai in correlation with specific features of nutrition, *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, **31** (6), 146 (2011).
10. Norms of physiological needs for energy and food substances for various groups of the population of the Russian Federation: methodological recommendations, *Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor* (Moscow, 2009), 36.
11. Skurikhin I. M., Tutelian V. A. Tables of chemical composition and calorie content of Russian food products, *DeLiprint* (Moscow, 2007), 276.
12. Gorbatkova E. J. Study of actual nutrition in modern student youth, *Hygiene and Sanitation*, **99** (3), 291, (2020).
13. Chudinina N. V., Rakitina I. S., Dementyev A. A. Nutrient composition of the diet of junior students of a medical university, *Public Health and Life Environment*, **2** (323), 16, (2020).
14. Setko A. G., Bulycheva E. V., Setko N. P., Nosova E. I. Hygienic assessment of the actual food of students of medical higher education institution and the factors of its forming, *Orenburg Medical Bulletin*, **2** (26), 57 (2019).
15. Parfenteva O. I., Pravednikova A. E., Aiyzhy E. V., Popova E. V., Balinova N. V., Zadorozhnaya L. V., Khomyakova I. A., Bondareva E. A. Central obesity in the adult populations of the Altai Republic and the republic of Tuva. Anthropological and genetic aspects, *Vestnik Arheologii, Antropologii i Etnografii*, **1**(60), 130 (2023).
16. Chanchaeva E. A., Sukhova M. G., Aizman R. I., Phenotypic characteristics of the chuya kazakhs and southern altaians, *Human Ecology*, **2**, 45 (2020).
17. Alferova V. I., Mustafina S. V. The prevalence of obesity in the adult population of the Russian Federation (literature review), *Obesity and metabolism*, **19** (1), 96 (2022).

18. Igonina N. A., Zhuravleva E. A., Kondrasheva E. A., Torshina I. G., Chashchikhina E. V., Makarova T. A., Kopaeva L. B., Sysoeva S. N. The cholesterol level in russian adults aged 20–70 years, *Journal of Atherosclerosis and Dyslipidemias*, **4**, 68 (2012).
19. Shabalin V. V., Grinshtein YU. I., Ruf R. R., Filonenko I. V., Shalnova S. A., Drapkina O. M. *Russian Journal of Cardiology*, **27** (5), 22 (2022).
20. Vlasova O. S., Bichkaeva F. A. Age-related changes in the parameters of carbohydrate metabolism and supply of vitamins B1, B2 in residents of two northern regions, *Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika*, **66** (8), 465 (2021).
21. Mamedov M. N., Sushkova L. T., Isakov R. V., Kutsenko V. A., Drapkina O. M. Evaluation of lipid disorders and hyperglycemia in an open population aged 30–69 years: results of a multicenter study, *Cardiovascular Therapy and Prevention*, **22** (6), 46 (2023).
22. Wong M. W. K., Braidy N., Pickford R., Vafaee F., Crawford J., Muenchhoff J., Schofield P., Attia J., Brodaty H., Sachdev P., Poljak A. Plasma lipidome variation during the second half of the human lifespan is associated with age and sex but minimally with BMI, *PLoS One*, **14**(3), (2019).
23. Vlasova O. S., Tretyakova T. V., Bichkaeva F. A., Baranova N. F. Associations between polyunsaturated fatty acids and parameters of carbohydrate metabolism in girls of the North, *Human Ecology*, **6**, 51 (2019).

УДК 579.63:639 (292.471)

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-145-158

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА, СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА И АЗОТА В ПОЧВАХ САРАЛИНСКОГО И РАИФСКОГО УЧАСТКОВ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

*Кулагина В. И., Александрова А. Б., Рязанов С. С., Шагидуллин Р. Р.,
Сунгатуллина Л. М., Гордеева К. А.*

*Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Россия
E-mail: viksoil@mail.ru*

Проведено сравнение содержания гумуса и общего азота в гумусовых горизонтах, запасов органического углерода в слое 0–20 см дерново-подзолистых почв двух участков Волжско-Камского заповедника, расположенных на расстоянии около 100 км. Несмотря на сравнительно небольшое расстояние, участки относятся к разным биоклиматическим зонам. Раифский участок расположен севернее, он отличается более холодным и влажным климатом, чем Саралинский. На каждом из участков заложено по 6 пробных площадок под лесами разного породного состава и возраста для отбора почвенных образцов. Показано, что в половине сравниваемых биотопов почвы более южного Саралинского участка содержат статистически значимо больше гумуса, азота, запасов органического углерода, чем почвы Раифского участка. Для остальных биотопов – разница статистически незначима. Соотношение C:N в гумусовых горизонтах шире в почвах Раифского участка.

Ключевые слова: почва, гумус, запасы углерода, депонирование углерода, лесные экосистемы.

ВВЕДЕНИЕ

В утвержденной 26 октября 2023 г. новой «Климатической доктрине Российской Федерации» подчеркивается необходимость проведения всесторонних научных исследований, связанных с декарбонизацией атмосферы, поглощением парниковых газов. Получение достоверных результатов по секвестрации углерода является актуальной задачей современных исследований. Важнейшими поглотителями и долговременными хранилищами углерода считаются лесные экосистемы и их почвы. В то же время почвы лесов до сих пор недостаточно изучены и оценены в качестве депо углерода. Часто на лесные массивы не имеется почвенных карт или аналитических данных по содержанию углерода в почвах, что сильно усложняет его инвентаризацию. В этом случае для расчета запасов углерода в почвах предлагается воспользоваться справочными величинами, приведенными для 12 макрорегионов России и привязанными к возрастному и породному составу лесов [1]. Однако из-за обширности макрорегионов, справочные величины не всегда совпадают с реально полученными данными полевых и лабораторных исследований для отдельных лесных массивов [2–5].

По мере проведения работ по инвентаризации запасов углерода в почвах лесов все больше проявляется потребность в разработке более подробных региональных нормативов.

Однако при этом возникает вопрос, к чему должны быть привязаны региональные нормативы: к почвенной зоне, к породному и возрастному составу лесов, биоклиматической зоне, сразу к нескольким параметрам.

Например, А. Ф. Осипов с соавторами предлагал в качестве усовершенствования метода расчетов вычисление среднего запаса углерода для отдельных типов почв под разной растительностью [3]. О значительном влиянии типа почв на запасы углерода говорилось также в работах [6, 7]. G. V. Barthès с соавторами отмечали значимое воздействие на запасы углерода типа почвы и типа землепользования [8]. А. И. Кузнецова с соавторами показали, что запасы углерода в песчаных почвах сосновых лесов на западе России закономерно изменяются в зависимости от климатической зоны [2].

Поскольку проведенные ранее исследования показали, что запасы углерода в почвах Республики Татарстан действительно тесно связаны с генезисом и типовой принадлежностью почв, а также с породным и возрастным составом леса, то следующим логичным шагом было установить, насколько значимо воздействие климатических условий. Теоретически запасы углерода в почвах должны увеличиваться при переходе к более южной биоклиматической зоне даже при одинаковом породном составе лесов и таксономической принадлежности почв.

Проведенные ранее исследования показали статистически значимые отличия по запасам углерода двух участков заповедника в слое почв 0–30 см только для березняков перестойных. Однако слой 0–30 см в дерново-подзолистых почвах захватывает не только гумусовый горизонт, в котором наблюдается самая интенсивная переработка поступающих органических остатков и, соответственно, самое интенсивное накопление гумуса, но и нижележащие горизонты. Суммирование запасов углерода в толще 0–30 см может сглаживать отличия, проявляющиеся в слое, находящемся непосредственно под лесной подстилкой.

О. В. Чернова с соавторами отмечали, что с увеличением мощности рассматриваемого почвенного слоя различия в запасах углерода уменьшаются, правда, речь шла о слоях большей мощности [9]. Согласно рабочей гипотезе самые заметные отличия между почвами двух участков должны наблюдаться в слое меньшей мощности, чем 30 см.

Цель данной работы сравнить запасы органического углерода в слое 0–20 см, содержание гумуса и азота в гумусовых горизонтах дерново-подзолистых почв под одинаковыми по породному и возрастному составу лесами Саралинского и Раифского участков Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник (ВКГПБЗ) находится на территории Республики Татарстан и состоит из двух

участков, Раифского и Саралинского (в некоторых источниках «Сараловского»), расположенных на расстоянии около 100 км друг от друга (рис. 1).

Раифский участок, общей площадью 5921 га, расположен в Зеленодольском районе Республики Татарстан. Саралинский участок находится в Лаишевском районе, его общая площадь 5456 га, включая часть акватории Куйбышевского водохранилища (рис. 1).

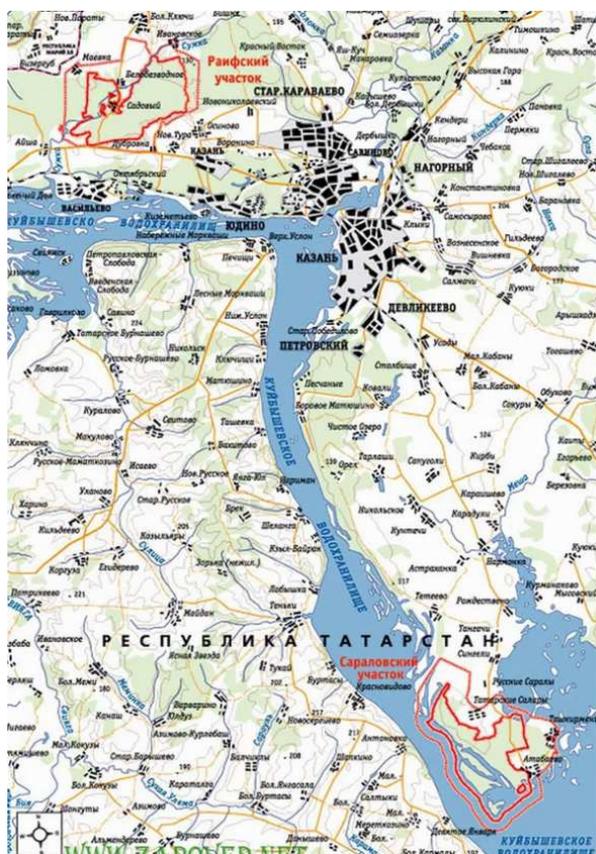


Рис. 1. Местоположение двух участков Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника.

Сухопутная территория обоих участков покрыта лесами, сходными по породному составу. Преобладающими лесами являются сосняки, липняки и березняки среднего возраста и старше (табл. 1).

В почвенном покрове обоих участков преобладают дерново-подзолистые почвы.

При этом участки заповедника относятся к разным географическим зонам, поскольку изолиния коэффициента увлажнения равного 1, по которой проводится граница между зонами хвойно-широколиственных (подтаёжных) и широколиственных лесов, проходит между ними. На территории Саралинского

участка среднегодовая температура воздуха выше на 0,4 °С, а среднегодовая сумма осадков на 50 мм/год ниже, чем на территории Раифского участка.

Таблица 1

Площади лесов разного породного состава

Характеристика древостоя по преобладающей породе	Площадь, га	Доля от общей площади лесов, %
Раифский участок ВКГПБЗ		
Сосняки	3552,0	62,9
Березняки	885,4	15,7
Липняки	1003,6	17,8
Другие	209,4	3,6
Саралинский участок ВКГПБЗ		
Сосняки	941,8	25,4
Березняки	892,6	24,1
Липняки	1564,8	42,2
Другие	306,8	8,3

В 2022–2023 гг. на территории Раифского и Саралинского участков заповедника заложены по 6 пробных площадок с одинаковыми преобладающими породами и возрастными группами деревьев:

- 1) сосняки перестойные,
- 2) сосняки средневозрастные,
- 3) березняки перестойные,
- 4) березняки средневозрастные,
- 5) липняки перестойные,
- 6) липняки средневозрастные.

На каждой из площадок закладывали 1 полный почвенный разрез, 2 полуямы и 2 прикопки. Образцы отбирали по генетическим горизонтам. Содержание органического вещества определяли по методу И. В. Тюрина (ГОСТ 26213–91), объемный вес – методом режущего кольца (ГОСТ 5180–2015), валового азота (ГОСТ Р 58596–2019).

Далее рассчитывались:

А) содержание гумуса в гумусовых горизонтах, %;

Б) запасы органического углерода в слое 0–20 см (без учета лесной подстилки, отсчет начинается с верхней границы гумусового горизонта), т/га;

В) содержание валового азота в гумусовых горизонтах почв, %.

Для исследования выбраны именно эти параметры, так как результаты исследования содержания гумуса и азота в гумусовых горизонтах и запасов углерода в слое 0–20 см часто встречаются в научной литературе [10–13].

Оценка статистической значимости разницы проводилась с использованием различных непараметрических и параметрических критериев и способов обработки данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание гумуса

Проведенные исследования позволили установить, что содержание гумуса в отдельных образцах гумусовых горизонтов дерново-подзолистых почв Волжско-Камского заповедника колеблется от 0,9 % до 8,1 %, средние значения для пробных площадок – от 1,9 % до 6,9% (рис. 2). Полученные результаты согласуются с данными, полученными ранее для дерново-подзолистых почв под лесами разных типов в Республике Татарстан, где разброс содержания гумуса в горизонте А1 составлял от 1,4 до 14,0 % [12, 14]. В последнем случае, по-видимому, речь идет о включениях так называемого грубого гумуса. Сходные результаты получены для почв лесных экосистем и другими авторами [10].

Коэффициент вариации по содержанию гумуса в горизонте А1 для Раифского участка заповедника 45 %, для Саралинского – 35 %. В обоих случаях вариабельность очень высокая, но характерная для лесных экосистем, где обычно наблюдается неравномерность почвенного покрова благодаря наличию так называемых «тессер», формирующихся под древесными породами [15]. Кроме того, в лесах встречаются вывалы, пни, муравейники, вносящие свой вклад в неоднородность почвенного покрова [15].

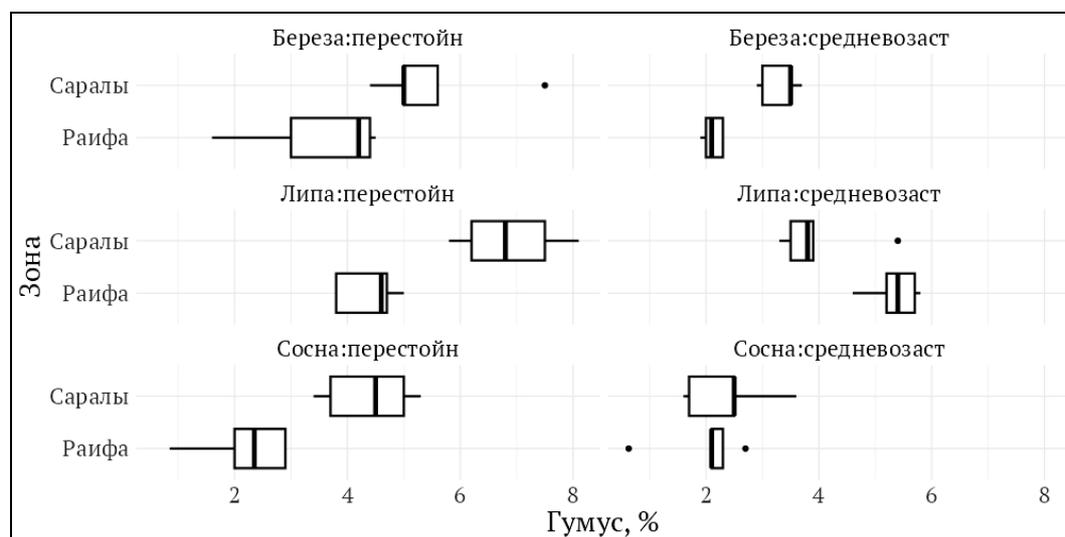


Рис. 2. Содержание гумуса в почвах Саралинского и Раифского участка под лесами одинакового породного состава и возраста

Породный состав древостоя оказывает воздействие на содержание гумуса в почвах под лесами за счет количества и химического состава поступающего опада [2, 12, 15]. Согласно полученным нами данным в почвах под лесами Волжско-Камского заповедника содержание гумуса в горизонте А1 увеличивается в ряду: сосняки < березняки < липняки. Такая же закономерность отмечалась в работе

М. А. Винокурова с соавторами для дерново-подзолистых почв согласно исследованиям, проводившимся на территории Раифского участка заповедника более 50 лет назад [12].

Однако в данном случае нас интересовало воздействие климатических факторов. На рис. 2 заметно, что среднее содержание гумуса в горизонте А1 дерново-подзолистых почв под лесами одного породного состава и возраста в четырех случаях из шести выше на Саралинском участке, чем на Раифском.

Статистическая обработка результатов, а именно, Welch Two Sample t-test с учетом поправки Бонферрони указал на статистически значимую разницу по содержанию гумуса в почвах только для почв под березняками средневозрастными, липняками перестойными и сосняками перестойными (табл. 2). Для этих лесов содержание гумуса в почвах статистически значимо выше на территории Саралинского участка. Для остальных – разница незначима.

Таблица 2

Оценка значимости разницы по содержанию гумуса под лесами одинакового породного состава и возраста между Саралинским и Раифским участком заповедника (Welch Two Sample t-test с поправкой Бонферрони)

Характеристика древостоя	diff	t	p_adj
Березняк перестойный	-1,960	-2,544	0,207
Березняк средневозрастный	-1,200	-6,838	0,003*
Липняк перестойный	-2,500	-5,148	0,010*
Липняк средневозрастный	1,360	3,179	0,105
Сосняк перестойный	-2,180	-4,145	0,019*
Сосняк средневозрастный	-0,414	-0,823	1,000

Примечание: *разница значима

Полученные данные согласуются с данными А. И. Кузнецовой с соавторами, показавшими на примере песчаных почв сосновых лесов Запада России, что с севера на юг под лесами одного породного состава содержание гумуса закономерно увеличивается [2]. Влияние климатического фактора авторы увязывали с увеличивающейся в более теплых условиях активностью почвенной микробиоты, что способствовало более интенсивному формированию гумусово-аккумулятивного горизонта.

Запасы углерода в слое 0–20 см

В почвах Саралинского участка средние запасы углерода в слое 0–20 см колебались от 14,5 т/га до 58,1 т/га (рис. 3), что составило 44–68 % от запасов метровой толщи, или о 70–84 % от запасов толщи 0–30 см.

В почвах Раифского участка заповедника средние для пробных площадок запасы углерода колебались от 12,3 т/га под до 45,8 т/га, что составило 49–71 % от запасов метровой толщи, или 79–93 % от запасов толщи 0–30 см.

Полученные результаты согласуются с данными И. А. Лихановой с соавторами, определившими запасы углерода в слое 0–20 см подзолистых почв под сосняками в 22,9 т/га [10]. Результаты также близки к рассчитанным М. А. Винокуровым с соавторами для дерново-подзолистых почв Республики Татарстан без указания конкретного типа леса – 30,4–57,7 т/га [12].

В целом для запасов углерода в слое почв 0–20 см Волжско-Камского заповедника сохраняется та же тенденция, что и для содержания гумуса, то есть средние запасы углерода увеличиваются в ряду: сосняки < березняки < липняки (рис. 3). Однако не везде – в средневозрастных лесах Саралинского участка запасы углерода в почвах березняков в среднем выше, чем в почвах липняков.

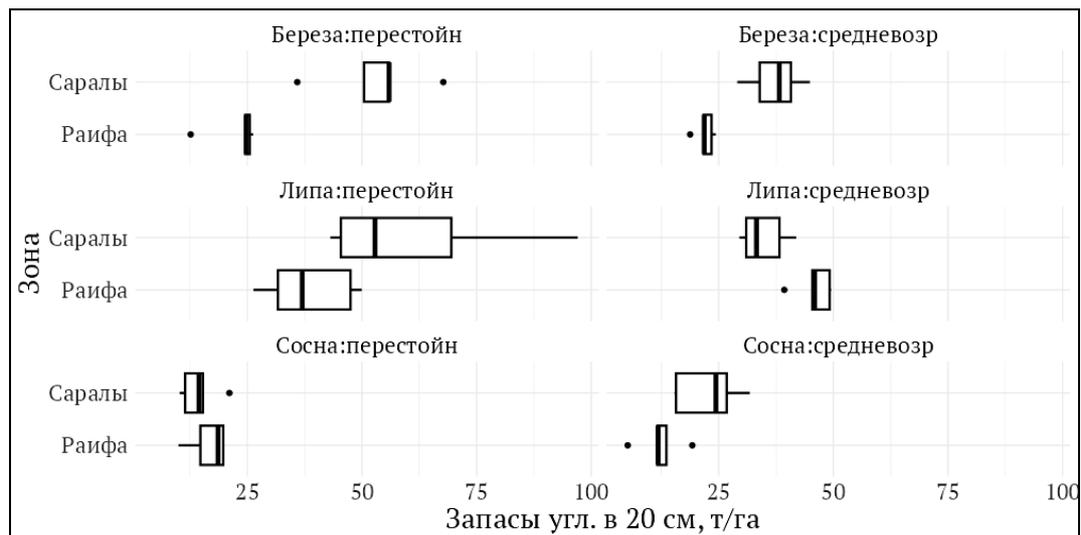


Рис. 3. Запасы углерода в слое почв 0–20 см Саралинского и Раифского участков заповедника.

Welch Two Sample t-test с поправкой Бонферрони показал, что запасы углерода в слое 0–20 см статистически значимо отличаются в почвах Саралинского и Раифского участков под березняками средневозрастными, березняками перестойными и липняками средневозрастными (табл. 3).

Причем в почвах Саралинского участка запасы органического углерода выше только под березняками обоих возрастов (рис. 3). Обратная зависимость под липняками средневозрастными, по-видимому, обусловлена разницей гранулометрического состава почв. Запасы углерода в почвах липняков перестойных и сосняков средневозрастных не имеют статистически значимых отличий между участками заповедника, однако, увеличение запасов на Саралинском участке прослеживается как тенденция (рис. 3).

Таким образом, статистически значимые изменения, предположительно связанные с климатическими условиями, для таких показателей как содержание

гумуса и запасы углерода в слое почв 0–20 см наблюдаются для разных биотопов. Единственное совпадение – березняки средневозрастные.

Таблица 3

**Оценка значимости разницы по запасам углерода в почвах в слое 0–20 см
между Саралинским и Раифским участком заповедника
(Welch Two Sample t-test с поправкой Бонферрони)**

Характеристика древостоя	diff	t	p_adj
Березняк перестойный	-30,429	-5,284	0,012*
Березняк средневозрастный	-15,341	-5,295	0,020*
Липняк перестойный	-23,097	-2,104	0,501
Липняк средневозрастный	11,083	3,751	0,037*
Сосняк перестойный	2,114	0,788	1,000
Сосняк средневозрастный	-10,512	-2,687	0,183

Примечание: *разница значима

Отличия в распределении содержания гумуса и запасов углерода определяется несколькими причинами:

1) содержание гумуса рассматривалось только в горизонте А1, имеющем разную мощность, а запас углерода – в слое 0–20 см,

2) содержание гумуса рассчитывается в процентах от веса почвы, а запас углерода рассчитывается на объем слоя,

3) расчет запаса углерода происходит с учетом объемного веса почвы, который отличается в гумусовом и нижележащем горизонтах.

Содержание общего азота

Исследования общего или, по-другому, валового азота в почвах заповедника показали, что его содержание колеблется от 0,09 % под сосняками до 0,46 % под липняками. Полученные результаты согласуются с данными о том, что на содержание азота в почве влияет качество опада, зависящее в свою очередь от состава растительности [2, 10] и данными по содержанию азота в дерново-подзолистых почвах Республики Татарстан [12, 14].

Результаты теста Тьюки (Tukey HSD test) при учете только породного состава лесов, под которыми отбирались образцы почв, показали, что разница по содержанию азота в гумусовых горизонтах статистически значима между сосняками и лиственными лесами. Между почвами липняков и березняков разница незначима (табл. 4).

Однако некоторые авторы отмечали, что на содержание азота в почве влияет не только состав растительности, но и климатический фактор [2].

Увеличение содержания азота в почвах более южного Саралинского участка по сравнению с Раифским прослеживается даже лучше, чем содержания гумуса и запасов углерода в слое 0–20 см (рис. 4).

Таблица 4

Оценка значимости разницы по содержанию валового азота согласно тесту Тьюки (Tukey HSD test) под преобладающими породами

Преобладающие породы	diff	lwr	upr	p adj
Липа-Береза	0,070	-0,017	0,157	0,149
Сосна-Береза	-0,094	-0,181	-0,007	0,030*
Сосна-Липа	-0,164	-0,251	-0,077	0,000*

Примечание: *разница значима

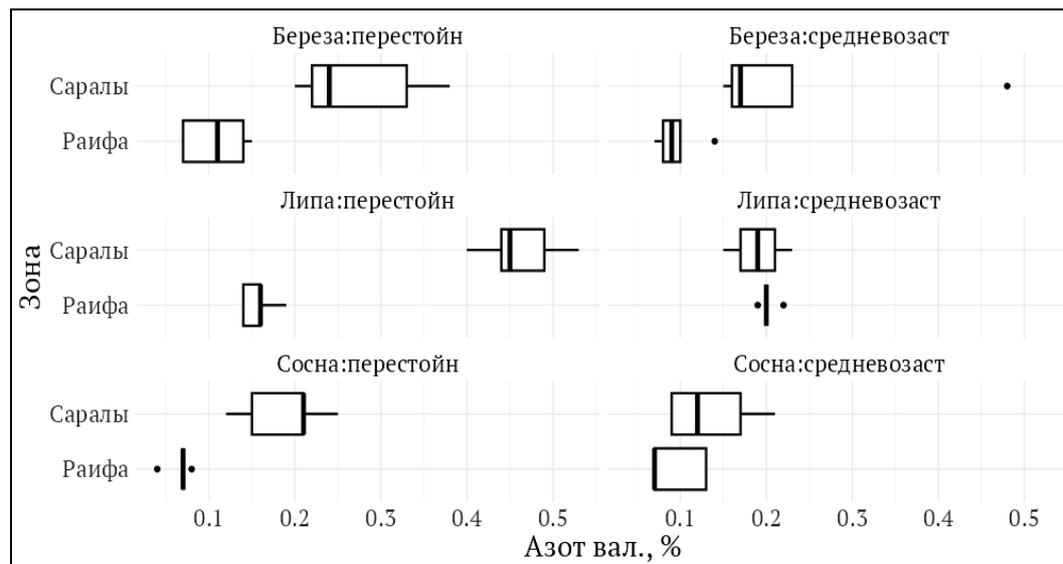


Рис. 4. Содержание валового азота в почвах Саралинского и Раифского участков заповедника.

Welch Two Sample t-test позволил признать статистически значимую разницу только для перестойных лесов разного породного состава: березняков перестойных, липняков перестойных и сосняков перестойных. По-видимому, климатическое воздействие на содержание азота в почвах становится значимым только в лесах такого возраста (табл. 5).

Для средневозрастных лесов разница статистически незначима, но тенденция к увеличению в почвах южного участка прослеживается.

Увеличение содержания азота в почвах Саралинского участка по сравнению с Раифским в значительной мере связано с увеличением содержания гумуса. Взаимосвязь этих признаков высокая, коэффициент корреляции в целом для заповедника равен 0,75, для Саралинского участка 0,71, для Раифского 0,85. С другой стороны, климатический фактор также может влиять на процессы минерализации и иммобилизации азота через изменение температурного и водного режима, регулирование микробиологической деятельности.

Таблица 5
Оценка значимости разницы по содержанию валового азота в почвах
Саралинского и Раифского участков заповедника
(Welch Two Sample t-test с поправкой Бонферрони)

Характеристика древостоя	diff	t	p_adj
Березняк перестойный	-0,166	-4,315	0,033*
Березняк средневозрастный	-0,142	-2,245	0,500
Липняк перестойный	-0,304	-12,645	0,000*
Липняк средневозрастный	0,012	0,802	1,000
Сосняк перестойный	-0,122	-5,023	0,029*
Сосняк средневозрастный	-0,042	-1,512	1,000

Примечание: *разница значима

Содержание валового азота рассматривается в комплексе с содержанием углерода в почвах, так как круговороты углерода и азота тесно связаны. От соотношения углерода и азота зависит скорость разложения опада, минерализация и иммобилизация азота в почвах и др. [2].

Данные, представленные в таблице 6, свидетельствуют о том, что соотношение углерода и азота в почвах Раифского участка шире, чем Саралинского. Это позволяет предположить, что процессы иммобилизации в почвах Раифского участка выражены сильнее. Поскольку породный и возрастной состав лесов одинаковый, то остается предположить, что в данном случае проявляется воздействие климатического фактора.

Таблица 6
Соотношение углерода и азота в почвах Волжско-Камского заповедника

Характеристика древостоя	Саралинский участок		Раифский участок	
	C:N	Обогащенность гумуса азотом*	C:N	Обогащенность гумуса азотом
Березняк средневозрастный	9,8	средняя	12,8	низкая
Липняк средневозрастный	12,2	низкая	15,3	очень низкая
Березняк перестойный	12,0	низкая	19,0	очень низкая
Липняк перестойный	8,7	средняя	16,1	очень низкая
Сосняк средневозрастный	11,4	низкая	12,1	низкая
Сосняк перестойный	14,2	очень низкая	19,3	очень низкая

Примечание: *по Л. А. Гришиной и Д. С. Орлову [16].

Это согласуется с мнением А. И. Кузнецовой с соавторами, что отношение C/N в почвах северных районов шире, чем расположенных южнее. Широкое соотношение также указывает на менее интенсивный круговорот [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что содержание гумуса, азота и запасов углерода в дерново-подзолистых почвах статистически значимо выше на территории Саралинского участка по сравнению с Раифским в двух-трех из шести сравниваемых лесных биотопов. Для остальных биотопов разница незначима, но в большинстве случаев прослеживается тенденция к увеличению показателей на том же участке.

Саралинский участок расположен южнее и отличается более теплыми и менее влажными климатическими условиями, с чем, по-видимому, и связаны лучшие условия для гумификации и накопления органического углерода, а также связанного с ними азота в почвах.

Содержание гумуса статистически значимо выше на Саралинском участке в почвах под липняком перестойным, сосняком перестойным и березняком средневозрастным.

Запасы углерода в слое 0–20 см достоверно выше на более южном участке под березняком средневозрастным и березняком перестойным.

Содержание общего азота статистически значимо выше в почвах Саралинского участка только под перестойными лесами всех изученных пород.

Таким образом, статистически значимые отличия между почвами лесов одинакового породного состава Саралинского и Раифского участков заповедника обнаружены. Влияние климатических условий подтверждается также разными величинами соотношений C:N в почвах более южного и более северного участков заповедника.

Однако на данном этапе исследований полученных данных недостаточно, чтобы включать в региональные нормативы по запасам органического углерода в почвах поправочный коэффициент, учитывающий биоклиматическую зону.

Изучение запасов органического углерода в почвах лесов должно быть продолжено, возможно, с рассмотрением влияния других факторов.

Список литературы

1. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов. Утв. Распоряжением Минприроды России от 30.06.2017 №20-р.
2. Кузнецова А. И. Запасы углерода в песчаных почвах сосновых лесов на западе России / А. И. Кузнецова, Н. В. Лукина, А. В. Горнов, М. В. Горнова, Е. В. Тихонова, В. Э. Смирнов, М. А. Данилова, Д. Н. Тебенькова, Т. Ю. Браславская, В. А. Кузнецов, Ю. Н. Ткаченко, Н. В. Геникова // Почвоведение. – 2020. – № 8. – С. 959–969.
3. Осипов А. Ф. Запасы углерода в почвах лесов Красноярского края: анализ роли типа почвы и древесной породы / А. Ф. Осипов, В. В. Старцев, А. С. Прокушкин, А. А. Дымов // Теоретическая и прикладная экология. – 2023. – № 1. – С. 67–74.
4. Кулагина В. И. Запасы органического углерода в почвах Раифского участка Волжско-Камского заповедника / В. И. Кулагина, А. Б. Александрова, С. С. Рязанов, Р. Р. Шагидуллин,

- А. А. Андреева, Т. Г. Кольцова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 143–158.
5. Иванов Д. В. Предварительные оценки запасов углерода в почвах лесных экосистем Республики Татарстан / Д. В. Иванов, А. Б. Александрова // Российский журнал прикладной экологии. – 2022. – № 2 (30). – С. 56–60.
 6. Chernova O. V. Integrated approach to spatial assessment of soil organic carbon in the Russian Federation / O. V. Chernova, O. M. Golozubov, I. O. Alyabina, D. G. Schepaschenko // Eurasian Soil Science. – 2021. – Vol. 54. – P. 325–336.
 7. Osipov A. F. Carbon stocks of soils under forest in the Komi Republic of Russia / A. F. Osipov, K. S. Bobkova, A. A. Dymov // Geoderma Regional. – 2021. – Vol. 27. – Article No. e00427. – DOI: 10.1016/j.geodrs.2021.e00427
 8. Barthès G. B. Soil organic carbon content and stock in Martinique – relations to near infrared spectra / G. B. Barthès, C. Venkatapen, A. Cambou, E. Blanchart // European Journal of Soil Science. – 75(1) – Article No. e13453. – <https://doi.org/10.1111/ejss.13453>
 9. Чернова О. В. Оценка запасов органического углерода лесных почв в региональном масштабе / О. В. Чернова, И. М. Рыжова, М. А. Подвезенная // Почвоведение. – 2020. – №3. – С. 140–150.
 10. Лиханова И. А. Почвенное органическое вещество и запасы углерода в почвах техногенных ландшафтов средней тайги европейского северо-востока России / И. А. Лиханова, Е. Г. Кузнецова, Ю. В. Холопов, С. В. Денева, Е. М. Лаптева // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 3. – С. 125–134.
 11. Зорина С. Ю. Гумусное состояние разновозрастных залежей лесостепной зоны Прибайкалья / С. Ю. Зорина, Л. Г. Соколова, Н. В. Дорофеев, С. Г. Казановский // Вестник ИРГСХА. – 2020. – № 96. – С. 16–24.
 12. Винокуров М. А. Гумус почв Волжско-Камской лесостепи и его роль в плодородии / М. А. Винокуров, А. В. Колоскова, Г. И. Сперанская, К. Ш. Шакиров. – Казань: Изд-во Казанского университета, 1972. – 132 с.
 13. Копчик Г. Н. Оценка запасов углерода в почвах лесных экосистем как основа мониторинга климатически активных веществ / Г. Н. Копчик, С. В. Копчик, Ю. В. Куприянова, М. С. Кадулин, И. Е. Смирнова // Почвоведение. – 2023. – №12. – С. 1686–1702.
 14. Александрова А. Б. Красная книга почв Республики Татарстан / А. Б. Александрова, Н. А. Бережная, Б. Р. Григорьян, Д. В. Иванов, В. И. Кулагина. – Казань: Фолиант, 2012. – 192 с.
 15. Карпачевский Л. О. Почвенный покров и парцеллярная структура лесного биогеоценоза / Л. О. Карпачевский, Т. А. Зубкова, Л. Н. Ташнинова, Р. Н. Руденко // Лесоведение. – 2007. – № 6. – С. 107–113.
 16. Гришина Л. А. Система показателей гумусного состояния почв / Л. А. Гришина, Д. С. Орлов // Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С 42–47.

ORGANIC CARBON STOCKS, HUMUS AND NITROGEN CONTENTS IN THE SOILS OF THE SARALINSKY AND RAIFA SECTIONS OF THE OF THE VOLZHSKO-KAMSKY RESERVE

***Kulagina V. I., Alexandrova A. B., Ryazanov S. S., Shagidullin R. R.,
Sungatullina L. M., Gordeeva K. A.***

*Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of
Sciences, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia
E-mail: viksoil@mail.ru*

An inventory of carbon reserves in forest ecosystems remains relevant task and it is necessary for developing the state policy of the Russian Federation in the field of

atmospheric decarbonization. The decarbonization policy must take into account carbon reserves in forest soils, but they have not yet been sufficiently studied. As work is carried out to inventory carbon reserves in forest soils, the need to develop regional standards that are more detailed than the currently existing reference data for 12 macro regions of Russia is becoming increasingly apparent. Currently, the question arises whether regional standards, in addition to species and age composition of forest and soil type, should also take into account climatic differences. The purpose of this work was to compare soil organic carbon reserves in the 0–20 cm layer, as well as humus and nitrogen content in topsoil of soddy-podzolic soils, under forests with similar species and age composition of the Saralinsky and Raifsky sections of the Volga-Kama State Natural Biosphere Reserve, which are located at a distance of 100 km. Despite the relatively short distance, the areas belong to different bioclimatic zones. The Raifa section is located further north and has a colder and wetter climate than the Saralinsky section. On the territory of the Saralinsky section the average annual air temperature is 0.4 °C higher, and the average annual precipitation is 50 mm/year lower in comparison to the Raifa section. At each section, 6 sample plots were established under forests of the predominant species composition and age group. Samples were collected in fivefold repetition under birch, linden and pine forests of middle and over mature age groups. Welch Two Sample t-test with the Bonferroni correction showed that in half of the compared biotopes, the Saralinsky soils contain significantly higher amounts of humus, nitrogen, and organic carbon reserves than the soils of the Raifa section. For other biotopes, the difference was statistically insignificant. The humus content was significantly higher on the Saralinsky section in soils under over mature lime forests, over mature pine forests and middle-aged birch forests. Carbon reserves in the 0–20 cm layer were significantly higher in the southern section under the middle-aged birch forests and over mature birch forests. The content of total nitrogen was significantly higher in the soils of the Saralinsky section under over mature forests of all studied species. It has been established that the C:N ratio in topsoils was wider in the Raifa soils. Thus, it was shown that the Saralinsky section has better climatic conditions for humification and accumulation of organic carbon, as well as associated nitrogen in soils. However, since significant difference has been proven only for the half of biotopes, at this stage of the research the data obtained was not enough to include a correction factor that takes into account the bioclimatic zone into regional standards for organic carbon reserves in soils.

Keywords: soil, humus, carbon stocks, carbon sequestration, forest ecosystems.

References

1. Guidelines for the quantitative determination of the volume of absorption of greenhouse gases. Approved By order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated June 30, 2017 №. 20 p.
2. Kuznetsova A. I., Lukinal N. V., Gornov A. V., Gornova M. V., Tikhonova E. V., Smirnov V. E., Danilova M. A., Tebenkova D. N., Braslavskaya T. Yu., Kuznetsov V. A., Tkachenko Yu. N., Genikova N. V. Carbon Stock in Sandy Soils of Pine Forests in the West of Russia, *Eurasian Soil Science*, **8**, 1056 (2020).
3. Osipov A. F., Startsev V. V., Prokushkin A. S., Dymov A. A. Carbon stocks in forest soils of the Krasnoyarsk Region: analysis of soil and tree species role, *Theoretical and Applied Ecology*, **1**, 67 (2023).

4. Kulagina V. I., Alexandrova A. B., Ryazanov S. S., Shagidullin R. R., Andreeva A. A., Koltcova T. G. Organic carbon stocks in the soils of the Raifa section of the Volzhsko-Kamsky reserve, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **1**, 143 (2023).
5. Ivanov D. V., Alexandrova A. B. Preliminary estimations of carbon stocks in soils of forest ecosystems of the Republic of Tatarstan, *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, **2(30)**, 56 (2022).
6. Chernova O. V., Golozubov O. M., Alyabina I. O., Schepaschenko D. G. Integrated approach to spatial assessment of soil organic carbon in the Russian Federation, *Eurasian Soil Science*, **3**, 325 (2021).
7. Osipov A. F., Bobkova K. S., Dymov A. A. Carbon stocks of soils under forest in the Komi Republic of Russia, *Geoderma Regional*, **27**, Article No. e00427 (2021)– DOI: 10.1016/j.geodrs.2021.e00427
8. Barthès G. B., Venkatapen C., Cambou A., Blanchart E. Soil organic carbon content and stock in Martinique – relations to near infrared spectra, *European Journal of Soil Science*, **75(1)**, Article No. e13453 (2023) –<https://doi.org/10.1111/ejss.13453>
9. Chernova O. V., Ryzhova I. M., Podvezennaya M. A. Assessment of organic carbon stocks in forest soils on a regional scale, *Eurasian Soil Science*, **3**, 339 (2020).
10. Likhanova I., Kuznetsova E., Kholopov Y., Deneva S., Lapteva E. Soil Organic Matter and Carbon Stocks in Soils of Technogenic Landscapes in the Middle Taiga Subzone of the European North-East of Russia, *Forestry information*, **3**, 125 (2022).
11. Zorina S. Yu., Sokolova L. G., Dorofeev N. V., Casanovsky S. G. Humus state of different fallows of forest-steppe zone of Prebaikalia, *Vestnik IrGSHA*, **96**, 16 (2020).
12. Vinokurov M. A., Koloskova A. V., Speranskaya G. I., Shakirov K. Sh. Humus in soils of the Volga-Kama forest-steppe and its role in fertility, 132 p. (Kazan University Publishing House, Kazan, 1972).
13. Koptsik G. N., Koptsik S. V., Kupriianova I. V., Kadulin M. S., Smirnova I. E. Estimation of carbon stocks in soils of forest ecosystems as a basis for monitoring climatically active substances, *Soil science*, **12**, 1686 (2023).
14. Alexandrova A. B., Berezhnaya N. A., Grigoryan B. R., Ivanov D. V., Kulagina V. I. Red Book of Soils of the Republic of Tatarstan, 192 p. (Foliant, Kazan, 2012).
15. Karpachevskii L. O., Zubkova T. A., Tashninova L. N., Rudenko R. N. The Soil Cover and Parcel Structure of a Forest Biogeocenosis, *Forestry*, **6**, 107 (2007).
16. Grishina L. A., Orlov D. S. System of indicators of the humus status of soils, Problems of soil science (Nauka, Moscow, 1978) p. 42.

УДК 543.42.062:543.544.5:615.073:615.322

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-159-166

ФИТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИСТЬЕВ *POA PRATENSIS* L.

Мурталиева В. Х., Каптанова О. А., Гостева О. В., Сергалиева М. У.

**ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Астрахань, Россия**

E-mail: charlina_ast@mail.ru

В настоящей статье представлены результаты по изучению количественного содержания биологически активных веществ в растительном сырье – Мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), произрастающий в Астраханской области. Количественное содержание биологически активных веществ в листьях *P. pratensis* определяли титриметрическим и спектрофотометрическим методами. В ходе количественного анализа листьев *P. pratensis* было установлено, что содержание органических кислот составляет 2,51 %; дубильных веществ – 4,21 %; кумаринов – 1,41 % и флавоноидов – 5,48 %. Таким образом, количественный анализ листьев *P. pratensis*, распространенного на территории Астраханской области, показал, что данное сырье содержит высокое содержание биологически активных веществ и может быть использовано в качестве основы для создания современных фитопрепаратов.

Ключевые слова: *Poa pratensis*, биологически активные вещества, кумарины, дубильные вещества, флавоноиды, органические кислоты.

ВВЕДЕНИЕ

Идея фитотерапии, имеющая культурные и традиционные корни и являющаяся одной из важной отраслью фармации и медицины, до недавнего времени не теряет своей актуальности. Фитопрепараты характеризуются сложным химическим составом и обладают ценными свойствами в комплексе, обеспечивающим многостороннее действие на организм [1–4]. Кроме того, растения, являясь основными источниками для исследования фармакологически активных веществ, составляют около 50 % всех используемых в настоящее время лекарственных средств во всем мире [5–7]. Фитопрепараты широко применяются при различных формах патологий, а также используются в качестве вспомогательной терапии при инфекционных заболеваниях [8]. Лекарственные средства на растительной основе по сравнению с синтетическими препаратами часто имеют ряд преимуществ (малое число противопоказаний, хорошая совместимость с синтетическими препаратами, редкое проявление побочных эффектов и т.д.) [9]. Известно, что комплексное действие лекарственных растений на организм в целом зависит от входящих в их состав различных активных веществ, проявляющих многостороннюю фармакологическую активность и значительно расширяющих терапевтические возможности, что и позволяет добиться лучших клинических результатов [10, 11].

Наше внимание привлекло травянистое растение рода Мятлик (*Poa*) семейства Злаки (*Poaceae*) – Мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), произрастающий во флоре

Астраханской области. Листья и цветки представителей данного семейства содержат в своем составе множество веществ, включая полисахариды, флавоноиды, дубильные вещества, аминокислоты, органические кислоты, витамины, эфирные масла и др. [12, 13]. Отмечено, что плазматическая мембрана листьев *P. pratensis* содержит высшие ненасыщенные жирные кислоты [14].

Установлено, что растения семейства *Poaceae* проявляют противоаллергические, антибактериальные, антиоксидантные, антисептические, противовоспалительные, противодиабетические, ранозаживляющие свойства, что определяет широкое их применение в народной медицине. Выявлено, что *Poa angustifolia* L. используется в качестве противоязвенного средства. Кроме того, лекарственные средства на основе растений рода Мятлик применяются для улучшения пищеварения, кровообращения, повышения иммунитета, при заболеваниях верхних дыхательных путей, а также в качестве седативного средства [12, 13].

Принимая во внимание вышеизложенное, целью исследования является количественное изучение биологически активных веществ листьев *P. pratensis*, распространенного в Астраханской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы листьев *P. pratensis* были собраны в мае 2023 г. на территории Астраханской области. Сырье было высушено воздушно-теневым методом. Содержание биологически активных веществ (БАВ) пересчитывали на абсолютно сухое сырье с предварительным измельчением сырья и определением его влажности в соответствии с ОФС.1.5.3.0007.15, ОФС.1.5.0003.15, ОФС.1.5.3.0004.15.

Степень измельченности сырья составила 3 мм; влажность листьев – 6 %. Содержание БАВ определяли, используя общепризнанные методики, указанные в Государственной фармакопее (органические кислоты и дубильные вещества изучали титриметрическими методами; кумарины и флавоноиды – спектрофотометрическим методом).

Определение органических кислот в листьях *P. pratensis* проводили в водном извлечении, полученном настаиванием 1,0 г сырья в свежeproкипяченной воде на кипящей водяной бане в течение 2 часов с последующим титрованием раствором едкого натра (0,01 моль/л) до перехода окраски извлечения от зеленовато-голубого до лилового. Параллельно проводили контрольный опыт в тех же условиях эксперимента. Сумму органических кислот рассчитывали в пересчете на яблочную кислоту, используя ее стандартный образец (СО) (CAS № 97-67-6, чистота основного вещества более 99 %).

Для оценки содержания дубильных веществ в листьях *P. pratensis* использовали извлечение, полученное настаиванием 2 г измельченного сырья на кипящей водяной бане в течение 30 мин с последующим титрованием 0,1 н. перманганатом калия до золотисто-желтого окрашивания. Параллельно проводили контрольный опыт в тех же условиях эксперимента. Перерасчет количества дубильных веществ производили на танин (CAS № 1401-55-4, чистота основного вещества более 93,5 %).

Процентное содержание кумаринов в сырье определяли в извлечениях, полученных путем однократного экстрагирования 0,5 г сырья 96 % C₂H₅OH, содержащего 1 % HCl_{конц} на кипящей водяной бане. Сумму кумаринов рассчитывали в пересчете на умбеллиферон с использованием его СО (CAS № 93-35-6, чистота основного вещества более 99 %).

Суммарное количество флавоноидов в листьях определяли в извлечениях, полученных путем двухчасового экстрагирования на водяной бане (при T = 60 °C) в пересчете на рутин (CAS № 5373-11-5, чистота основного вещества более 98,5 %), применяя в качестве экстрагента 70 % C₂H₅OH. Оптические плотности растворов измеряли на спектрофотометре ПЭ-5400В (ЗАО «НПО Экрос», Россия): кумарины при длине волны 370 нм; флавоноиды – 410 нм.

Исследования повторяли в 5 сериях. Статистическую обработку результатов проводили, учитывая унифицированные метрологические характеристики и относительное стандартное отклонение (RSD, %).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного титриметрического анализа и метрологическая характеристика количественного содержания органических кислот и дубильных веществ отражены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1
Метрологические данные определения органических кислот
в листьях *P. pratensis*

№	Масса навески, г	Сумма органических кислот, %	Метрологические данные	RSD, %
1	1,001	2,53	$X_{cp} = 2,51$ $S^2 = 0,021$ $S = 0,135$ $S_x = 0,057$ $\varepsilon = 2,42\%$ $\varepsilon_{cp} = 1,02\%$	3,01
2	1,002	2,51		
3	1,002	2,50		
4	1,003	2,49		
5	1,001	2,51		

Таблица 2
Метрологические данные определения дубильных веществ
в листьях *P. pratensis*

№	Масса навески, г	Сумма дубильных веществ, %	Метрологические данные	RSD, %
1	2,002	4,21	$X_{cp} = 4,2$ $S^2 = 0,020$ $S = 0,168$ $S_x = 0,065$ $\varepsilon = 2,15\%$ $\varepsilon_{cp} = 0,91\%$	2,41
2	2,001	4,19		
3	2,003	4,19		
4	2,002	4,20		
5	2,001	4,21		

В результате титриметрического анализа количество органических кислот в листьях *P. pratensis* составило 2,51 % (RSD = 3,01 %), а дубильных веществ – 4,21 % (RSD = 2,41 %).

По результатам исследования построен график зависимости значений оптической плотности от содержания кумаринов в исследуемом извлечении (рис. 1).

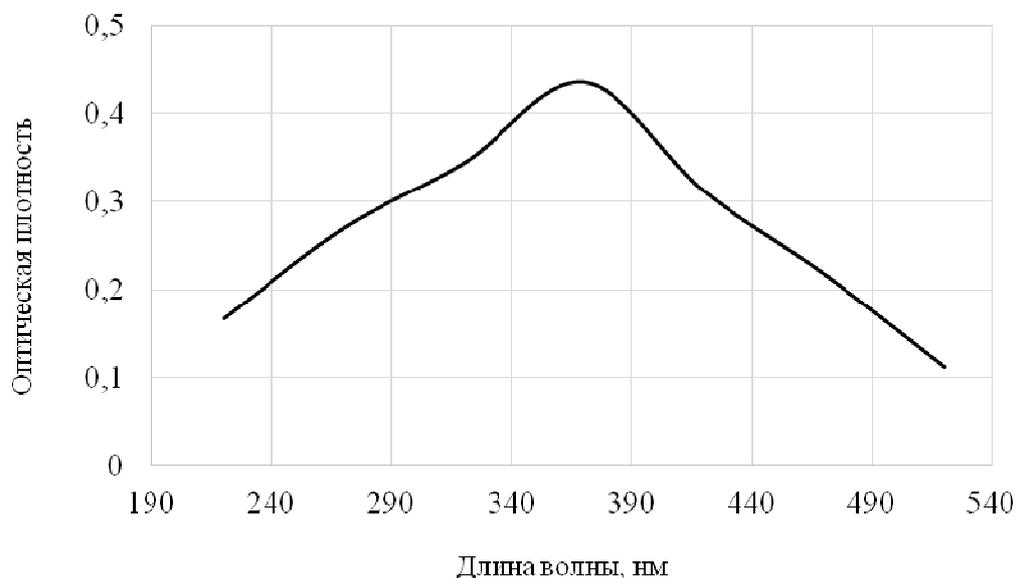


Рис. 1. Спектр поглощения комплекса кумаринов листьев *P. pratensis* с концентрированной хлороводородной кислотой.

Количественный анализ установил, что максимум поглощения кумаринов наблюдался при длине волны 370 нм и оптической плотности 0,44, что соответствует максимуму поглощения раствора умбеллиферона.

Метрологическая характеристика количественного содержания кумаринов представлена в таблице 3.

Таблица 3
Метрологические данные определения кумаринов в листьях *P. pratensis*

№	Масса навески, г	Сумма кумаринов, %	Метрологические данные	RSD, %
1	0,503	1,40	$\bar{X}_{cp} = 1,39$ $S^2 = 0,006$ $S = 0,078$ $S_x = 0,033$ $\varepsilon = 10,77\%$ $\varepsilon_{cp} = 3,64\%$	5,45
2	0,501	1,39		
3	0,502	1,38		
4	0,500	1,40		
5	0,501	1,39		

В ходе проведения фитохимического анализа было выявлено, что количество кумаринов в листьях *P. pratensis* составило 1,41 % (RSD = 5,45 %).

Результаты спектрофотометрического анализа и метрологическая характеристика содержания флавоноидов в листьях *P. pratensis*, показаны на рисунке 2 и в таблице 4.

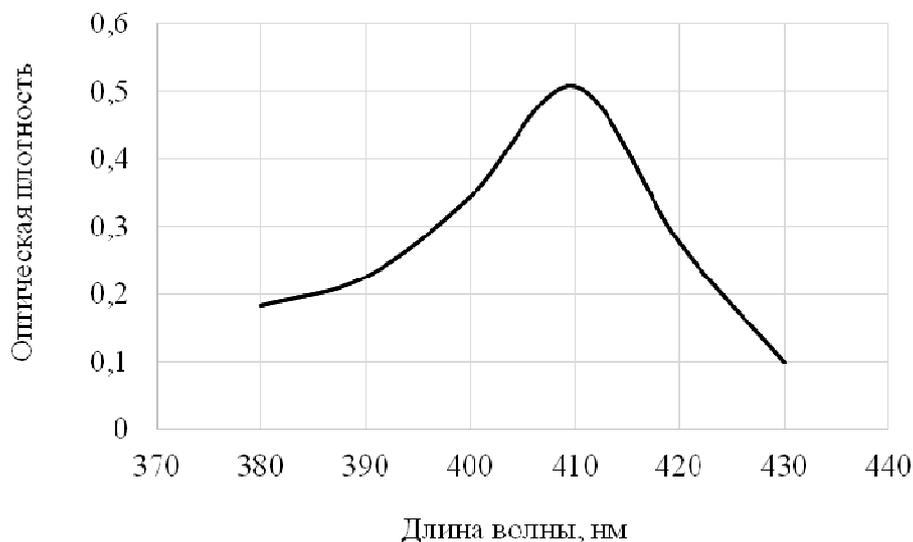


Рис. 2. Спектр поглощения комплекса флавоноидов листьев *P. pratensis* с хлоридом алюминия (III)

Таблица 4

Метрологические данные определения флавоноидов в листьях *P. pratensis*

№	Масса навески, г	Сумма флавоноидов, %	Метрологические данные	RSD, %
1	0,504	5,48	$X_{cp} = 5,47$ $S^2 = 0,002$ $S = 0,034$ $S_x = 0,017$ $\varepsilon = 9,75\%$ $\varepsilon_{cp} = 4,56\%$	2,06
2	0,502	5,47		
3	0,502	5,48		
4	0,503	5,46		
5	0,504	5,47		

По результатам эксперимента установлено, что максимум поглощения флавоноидов наблюдался при длине волны 410 нм и оптической плотности 0,51, соответствующий максимуму поглощения раствора стандартного образца рутина. Количественное содержание флавоноидов в листьях *P. pratensis* составило 5,48 % (RSD = 2,06 %).

Проведенные нами исследования позволили установить высокое накопление БАВ в растительном сырье *P. pratensis*, произрастающего на территории Астраханской области, что вероятно связано с природно-климатическими условиями произрастания, в частности высокой инсоляцией, повышенной температурой воздуха и пониженной влажностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования по изучению фитохимического состава листьев *P. pratensis* было выявлено, что содержание органических кислот составляет 2,51 %; дубильных веществ – 4,21 %; кумаринов – 1,41 % и флавоноидов – 5,48 %. Таким образом, данные о количественном анализе листьев Мятлика лугового (*P. pratensis*), распространенного на территории Астраханской области, свидетельствуют о высоком содержании БАВ, что создает предпосылки для более детального изучения данного растительного сырья и рассмотрения его в качестве основы для изготовления современных фитопрепаратов.

Список литературы

1. Bhikha R. The pharmacological action of common herbal remedies / R. Bhikha, J. Glynn // American Journal of Internal Medicine. – 2018. – Vol. 6, No. 5. – P. 99–107.
2. Hussein R. A. Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants / R. A. Hussein, A. A. El-Ansary // Herbal medicine. – 2019. – Vol. 1, No. 3. doi: 10.5772/intechopen.76139.
3. Валли Л. А. Перспективы использования лекарственных растений в современной России / Л. А. Валли // Вестник науки. – 2021. – 1(9). – С. 22–24.
4. Вагнер Х. Исследование синергии: создание нового поколения фитопрепаратов / Х. Вагнер, Г. Ульрих-Мерцених // РМЖ. Медицинское обозрение. – 2016. – Т. 24, № 3. – С. 183–189.
5. Atanasov A. G. Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: a review / A. G. Atanasov, B. Waltenberger, E.-M. Pferschy-Wenzig [et al.] // Biotechnol Adv. – 2015. – Vol. 33, No. 1. – P. 582–614.
6. Сальникова Н. А. Перспективы применения растений рода *Elaeagnus* в фармацевтической и пищевой промышленности / Н. А. Сальникова, А. А. Цибизова, Ю. В. Шур // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4, № 12. – С. 134–147. doi: 10.5281/zenodo.2255667.
7. Самоутруева М. А. Фитохимическая характеристика травы *Astragalus vulpinus* Willd. и психомодулирующая активность экстракта на его основе / М. А. Самоутруева, М. В. Мажитова, М. У. Сергалиева [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. – 2021. – Т. 55, № 2. – С. 40–45. doi: 10.30906/0023-1134-2021-55-2-40-45.
8. Тусупбекова Г. А. Основные свойства иммуномодулирующих фитопрепаратов и эффективность их применения / Г. А. Тусупбекова, А. М. Рахметова, А. Ж. Молдакарывова [и др.] // Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2019. – № 1. – С. 487–490.
9. Конакова А. В. Перспективы использования фитопрепаратов / А. В. Конакова, К. А. Кушакова // Аллея науки. – 2019. – № 1(9). – С. 194–196.
10. Самбукова Т. В. Перспективы использования фитопрепаратов в современной фармакологии / Т. В. Самбукова, Б. В. Овчинников, В. П. Ганапольский [и др.] // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 55–62.
11. Токтоналиев И. У. Место и роль фитопрепаратов в современной медицинской практике / И. У. Токтоналиев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2017. – № 7. – С. 108–111.
12. Шабанова Г. А. Дикорастущие хозяйственно-ценные растения заповедника «Ягорлык» / Г. А. Шабанова, Т. Д. Изверская, В. С. Гендов. – Кишинев : Eco-TIRAS, 2012. – 262 с.

13. Елевсюзова А. Т. Оценка биологической ценности разных частей пырея ползучего / А. Т. Елевсюзова, А. Н. Аралбаева // Евразийский союз ученых. – 2019. – № 2-3(59). – С. 10–12.
14. Zhang Y. M. Response of fatty acids in leaves of *Poa Pratensis* L. to low temperature in autumn / Y. M. Zhang, J. M. Wei, X. M. Bai [et al.] // Acta Agrestia Sinica. – 2018. – Vol. 26, No. 3. – P. 718.

PHYTOCHEMICAL ANALYSIS OF LEAVES OF *POA PRATENSIS* L.

Murtalieva V. Kh., Kashtanova O. A., Gosteva O. V., Sergalieva M. U.

Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation
E-mail: charlina_ast@mail.ru

The idea of phytotherapy, which has cultural and traditional roots and is one of the important branches of pharmacy and medicine, has not lost its relevance until recently. Phytopreparations are characterised by a complex chemical composition and have valuable properties in combination, providing a multifaceted effect on the body. In addition, plants, being the main sources for the study of pharmacologically active substances, account for about 50 % of all currently used medicines worldwide. Phytopreparations are widely used in various forms of pathologies, and are also used as adjuvant therapy in infectious diseases. Plant-based medicines compared to synthetic drugs often have a number of advantages (few contraindications, good compatibility with synthetic drugs, rare side effects, etc.). It is known that the complex effect of medicinal plants on the body as a whole depends on the various active substances included in their composition, which exhibit multifaceted pharmacological activity and significantly expand the therapeutic possibilities, which allows to achieve better clinical results.

The herbaceous plant *P. pratensis*, which grows in the flora of the Astrakhan region, attracted our attention. Leaves and flowers of representatives of this genus contain many substances, including polysaccharides, flavonoids, tannins, amino acids, organic acids, higher unsaturated fatty acids, vitamins, essential oils and others.

It is established that plants of the genus *Poa* exhibit anti-allergic, antibacterial, antioxidant, antiseptic, anti-inflammatory, anti-diabetic, wound-healing properties, which determines their wide application in folk medicine. It is revealed that *Poa angustifolia* L. is used as an anti-ulcer agent. In addition, medicines based on plants of the genus *Poa* are used to improve digestion, blood circulation, improve immunity, in diseases of the upper respiratory tract, and as a sedative.

The aim of the study was to quantitatively investigate biologically active substances in leaves of *P. pratensis*, widespread in the Astrakhan region.

The quantitative content of biologically active substances in *P. pratensis* leaves was determined by titrimetric and spectrophotometric methods.

Our studies allowed us to establish a high accumulation of biologically active substances in the plant raw materials of *P. pratensis* growing in the Astrakhan region, which is probably associated with natural and climatic conditions of growth, in particular, high insolation, high air temperature and low humidity.

The study of the phytochemical composition of *P. pratensis* leaves revealed that the content of organic acids is 2.51 %; tannins – 4.21 %; coumarins – 1.41 % and flavonoids – 5.48 %. Thus, the data on the quantitative analysis of leaves of *P. pratensis*, widespread in the territory of the Astrakhan region, indicate a high content of biologically active substances and create prerequisites for the consideration of this plant raw material as a basis for the manufacture of modern phytopreparations.

Keywords: *Poa pratensis*, biologically active substances, coumarins, tannins, flavonoids, organic acids.

References

1. Bhikha R., Glynn J. The pharmacological action of common herbal remedies. *American Journal of Internal Medicine*, **6(5)**, 99, (2018).
2. Hussein R. A., El-Anssary A. A. Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants. *Herbal medicine*, **1(3)**, (2019). doi: 10.5772/intechopen.76139.
3. Valli L. A. Prospects for the use of medicinal plants in modern Russia. *Bulletin of Science*, **1(9)**, 22, (2021).
4. Wagner H., Ulrich-Merzenich G. Synergy research: creating a new generation of phytopreparations. *RMJ. Medical Review*, **24(3)**, 183, (2016).
5. Atanasov A. G., Waltenberger B., Pferschy-Wenzig E.-M. [et al.], Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: a review. *Biotechnol Adv*, **33(1)**, 582, (2015).
6. Salnikova N. A., Tsibizova A. A., Shur V. V. Prospects for the use of plants of the genus *Elaeagnus* in pharmaceutical and food industries. *Bulletin of science and practice*, **4(12)**, 134, (2018). doi: 10.5281/zenodo.2255667.
7. Samotrueva M. A., Mazhitova M. V., Sergaliev M. U. [et al.], Phytochemical characterization of the herb *Astragalus vulpinus* Willd. and psychomodulatory activity of an extract based on it. *Chemico-Pharmaceutical Journal*, **55(2)**, 40, (2021). doi: 10.30906/0023-1134-2021-55-2-40-45.
8. Tusupbekova G. A., Rakhmetova A. M., Moldakaryzova A. Zh. [et al.], Basic properties of immunomodulatory phytopreparations and the effectiveness of their use. *Bulletin of the Kazakh National Medical University*, **1**, 487, (2019).
9. Konakova A. V., Kushakova K. A. Prospects for the use of phytopreparations. *Science Alley*, **1(9)**, 194, (2019).
10. Sambukova T. V., Ovchinnikov B. V., Ganapolsky V. P. [et al.], Prospects for the use of phytopreparations in modern pharmacology. *Reviews on clinical pharmacology and drug therapy*, **15(2)**, 55, (2017).
11. Toktonaliev I. Y. The place and role of phytopreparations in modern medical practice. *Science, new technologies and innovations in Kyrgyzstan*, **7**, 108, (2017).
12. Shabanova G. A., Izverskaya T. D., Gendov V. S. Wild-growing economically valuable plants of the reserve «Yagorlyk». Kishinev, EcoTIRAS, 262, (2012).
13. Elevsyuzova A. T., Aralbaeva A. N. Assessment of biological value of different parts of creeping wheatgrass. *Eurasian Union of Scientists*, **2-3(59)**, 10, (2019).
14. Zhang Y. M., Wei J. M., Bai X. M., [et al.], Response of fatty acids in leaves of *Poa Pratensis* L. to low temperature in autumn. *Acta Agrestia Sinica*, **26(3)**, 718, (2018).

УДК 612; 572.512; 378.17

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-167-175

АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ОБРАЗ ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Мухина Н. В.

*Борисоглебский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет»,
Борисоглебск, Россия
E-mail: natali196570@mail.ru*

В статье рассмотрены анатомо-физиологические параметры и образ жизни студентов высшей школы. Большинство первокурсников имеют нормальные показатели физического развития. Дисгармоничность развития в основном обусловлена дефицитом массы тела. Обследованная выборка студентов характеризуется слабым и очень слабым типом телосложения (40,0 %), низкими уровнями экскурсии грудной клетки (28,6 %), систолического артериального давления (34,3 %), жизненной ёмкости лёгких (31,4 %), жизненного индекса (54,3 %). В то же время почти у 40 % первокурсников выявлены высокие значения частоты сердечных сокращений в покое и пульсового давления, что свидетельствует об увеличении активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. Более 65 % юношей и девушек, поступающих в филиал, уже имеет сформированную хроническую патологию. У большинства первокурсников обнаружена хорошая и удовлетворительная самооценка здоровья (97,2 %). У студентов выявлена недостаточная физическая активность, несбалансированное питание, неполноценный сон, склонность к стрессам.

Ключевые слова: анатомо-физиологические параметры, здоровье, структура хронической заболеваемости, образ жизни, студенты.

ВВЕДЕНИЕ

Студенты высших учебных заведений относятся к особому социальному слою населения. Большие учебные нагрузки, изменение образа жизни, необходимость адаптации к новым условиям позволяют их отнести к группе большого риска развития заболеваний [1, 2].

Физическое здоровье, характеризующееся рядом морфологических и функциональных свойств организма, является интегральным показателем жизнедеятельности человека. Показатели физического здоровья – маркеры ряда заболеваний, контролирующие физическое развитие молодежи и являющиеся критериями в оценке эффективности проводимых оздоровительных мероприятий [3].

В настоящее время отмечается ухудшение уровня физического здоровья студентов [4]. Исследования последних лет показывают, что неуклонно растёт количество молодых людей с низким уровнем физического здоровья, дисгармоничным физическим развитием, имеющих хронические заболевания [5, 6]. В процессе обучения у студентов обнаруживаются разнообразные функциональные

отклонения (миопия, астигматизм, гиперметропия, сколиоз, хронические гастриты) [7, 8]. Формированию здоровья способствует не только эффективная система здравоохранения, но и образ жизни молодёжи, обеспечивающий хорошее физическое и психологическое самочувствие, высокую работоспособность, устойчивость к негативным воздействиям окружающей среды. В связи с важностью сохранения здоровья студентов, поставленная проблема адаптационной физиологии является актуальной.

В связи с этим целью работы явилась оценка анатомо-физиологических параметров и образа жизни студентов ВУЗа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено на 70 студентах-первокурсниках обоего пола (уровень бакалавриата), обучающихся в Борисоглебском филиале ВГУ. Студенты обследовались осенью 2023 года. Средний возраст студентов составил $17,94 \pm 0,16$ лет.

У студентов измеряли длину тела (в см), вес (в кг), окружность талии (ОТ, в см), окружность грудной клетки в покое, при вдохе и выдохе (ОГК, в см). Расчётным методом определяли экскурсию грудной клетки (ЭГК, в см), индекс массы тела, или индекс Кетле (ИК, в $\text{кг}/\text{м}^2$), индекс Пинье (ИП, в ед.), индекс стеничности для определения типа конституции (ИС, в ед.). Уровень физического развития оценивали с помощью центильного метода [9].

Функциональные методы: артериальное систолическое (САД, в мм рт. ст.) и диастолическое давление (ДАД, в мм рт. ст.), частота сердечных сокращений (ЧСС, в уд./мин), частота дыхания (ЧДД, в ц./мин), жизненная ёмкость лёгких (ЖЕЛ, в мл). Рассчитывали пульсовое давление (ПД, в мм. рт. ст.), жизненный индекс (ЖИ, в мл/кг).

Для оценки хронической заболеваемости были использованы данные медицинских осмотров студентов.

По разработанной нами анкете провели анкетирование студентов. Анкета, содержала вопросы, направленные на выяснение отношения первокурсников к собственному здоровью, ЗОЖ, распространение табакокурения, употребления алкоголя, психоэмоциональном состоянии, характере сна, физической активности.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью программы EXCEL. Вычисляли: М – средняя величина показателя, m – ошибка средней арифметической. Проведён корреляционный анализ данных. Достоверность наблюдаемых различий проверяли с помощью критерия надёжности Стьюдента. Статистически значимыми считались различия данных и корреляция между данными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из общего числа респондентов 54,4 % являются местными жителями, 5,7 % – живут в Борисоглебском районе и 42,9 % – являются жителями других районов Воронежской области.

Исследование физического развития студентов проводили методами атропометрии, соматоскопии, физиометрии. В табл. 1 представлены результаты соматометрических и физиометрических параметров студентов-первокурсников.

Таблица 1
Анатомо-физиологические параметры студентов 1 курса (M±m)

Показатель	Юноши	Девушки
Длина тела, см	178,00±1,73	165,27±0,56*
Масса тела, кг	66,00±5,20	57,33±0,97
ОГК, см		
пауза	92,00±3,47	86,76±0,84
вдох	97,50±3,76	91,58±0,54
выдох	89,00±2,31	86,03±0,58
ЭГК, см	8,50±1,45	5,45±0,25
ОТ, см	77,50 ±2,02	70,91±0,83*
ЧСС, уд./мин	69,00±12,13	77,79±1,70
САД, мм рт. ст.	130,00±5,78	109,30±1,54*
ДАД, мм рт. ст.	80,00±5,78	71,12±1,30
ПД, мм рт. ст.	50,30±0,25	40,61±1,18*
ЧДД, ц./мин	20,50±2,60	17,39±0,58
ЖИ, мл/кг	56,50±2,60	49,23±1,87*
ИК, кг/м ²	20,30±0,98	20,85±0,34
ИП, ед.	24,50±4,91	21,27±1,34
ИС, ед.	3,85±0,03	4,37±6,12

Примечание к таблице: * – достоверные различия с показателями юношей при $p < 0,05$.

Анализ полученных антропометрических показателей позволил оценить физическое развитие первокурсников. Так, 57,1 % студентов имеют средний уровень физического развития с соответствием массы тела, 25,7 % характеризуются категорией «выше среднего» и 17,2 % – «ниже среднего».

Весоростовой индекс Кетле (ИК) характеризует соотношение роста и массы тела в норме и при нарушениях питания. Исходя из показателя Кетле, численность девушек и юношей с гармоничным физическим развитием составляет 68,6 %. У 22,9 % представителей выявлено дисгармоничное физическое развитие с недостатком массы тела. И только у 8,6 % студентов наблюдается превышение ИК (избыток массы тела).

Уровень индекса Пинье (ИП) свидетельствовал о слабом и очень слабом типе телосложения у 40,0 % обследованных студентов (табл. 2).

Определение типа соматической конституции путём расчёта индекса стеничности (ИС) показало, что преобладающее количество студентов – 45,7 % – являются нормостениками, 28,6 % – гиперстениками и 25,7 % – астениками.

Экскурсия грудной клетки (ЭГК) соответствует средней физиологической норме у 68,6 % юношей и девушек, низкая ЭГК – у 28,6 %, высокая ЭГК – у 2,9 %.

К сожалению, в процессе исследования выявлены недостаточно высокие результаты жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ). По данным спирометрии, низкие и ниже среднего показатели зарегистрированы у 31,4 % студентов. У 14,3 %

студентов частота дыхания (ЧДД) выходила за контур нормы (20 циклов). Также у 54,3 % первокурсников отмечался сниженный жизненный индекс (ЖИ).

Таблица 2

Оценка крепости телосложения студентов (в %)

Телосложение	1 курс
Очень слабое	2,9
Слабое	37,1
Среднее	8,6
Хорошее	37,1
Крепкое	14,3

Уровень артериального давления в большинстве случаев соответствовал нормативным показателям для данной группы обследуемых. Исключение составили 34,3 % студентов, которые имели фактическое систолическое давление (САД) ниже должных величин. Снижение САД относительно нормативных значений свидетельствует о состоянии гипотонии. По результатам исследования частоты сердечных сокращений (ЧСС) выявлено, что у 42,9 % первокурсников наблюдались повышенные показатели, что может свидетельствовать о различных эмоциональных и физических напряжениях организма студентов. Пульсовое давление (ПД) характеризует циклическую работу сердца. Показатель ПД у 40,0 % студентов выше возрастной нормы, что, возможно, вызвано физиологическими процессами, протекающими в организме первокурсников.

Среди студентов у 65,7 % имелись различные хронические заболевания (рис. 1).

В структуре хронической патологии студентов первое место заняли болезни органов зрения (17,1 %), второе – заболевания сердечно-сосудистой системы (11,4 %), третье – болезни органов дыхания и ЛОР-заболевания (по 8,6 %). Болезни органов мочевыделительной системы (почки, мочевого пузыря и др.) и эндокринные заболевания заняли четвертое место (по 5,7 %). Болезни желудочно-кишечного тракта, опорно-двигательного аппарата и нервные болезни находились на пятом месте (по 2,9 %).

На диспансерном учёте стоят 11,4 % опрошенных. Почти каждый шестой студент имеет наследственную отягощённость по гипертонической болезни, каждый десятый – по инфаркту миокарда. У 5,7 % респондентов мы обнаружили наследственную отягощённость по ишемической болезни сердца. Из респондентов в случае ухудшения состояния здоровья за медицинской помощью всегда обращаются 34,3 %, изредка – 65,7 %, не обращаются – 5,7 %, занимаются самолечением – 8,6 %. Установлена тесная корреляция хронической заболеваемости с наличием лишнего веса ($r=|0,40|$), слабым или очень слабым телосложением ($r=|0,35|$), частым пульсом ($r=|0,33|$).

В процессе анкетирования установлено, что больше половины первокурсников (54,3 %) оценивают своё здоровье как хорошее. На слабое состояние здоровья указали лишь 2,9 % студентов, остальные (42,9 %) оценили состояние своего

здоровья как удовлетворительное. Высокий уровень самооценки здоровья достигается студентами за счёт посещения занятий по физической культуре и спорту, отсутствия вредных привычек ($r=|0,46|$; $r=|0,27|$).

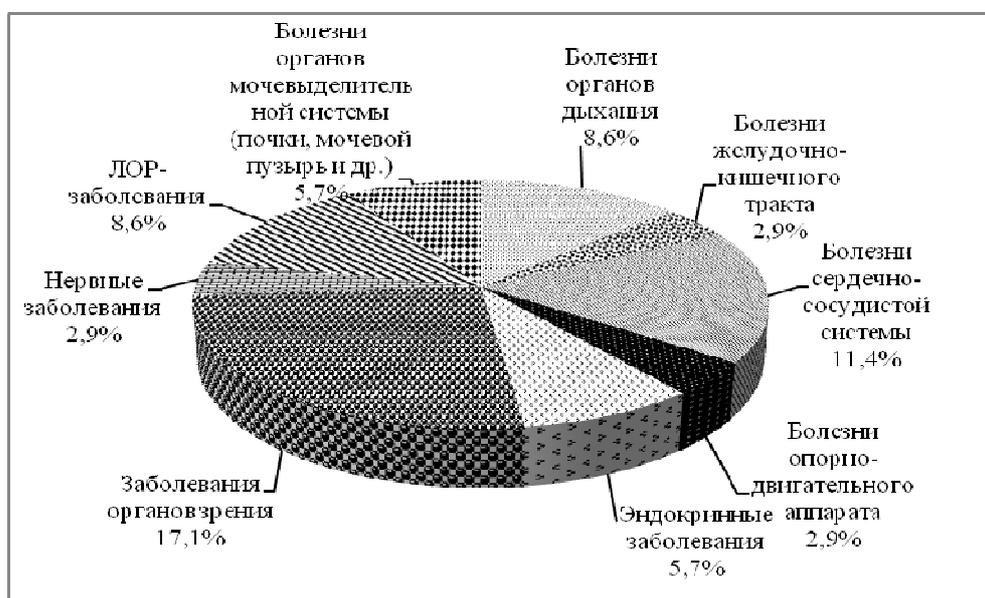


Рис 1. Структура соматической патологии студентов 1 курса.

Подавляющее большинство участвующих в исследовании указали, что имеют полное представление о здоровом образе жизни (94,3 %). Только 5,7 % первокурсников имеют поверхностные представления о ЗОЖ. В качестве атрибутов ЗОЖ первокурсники Филиала называли следующие показатели:

- отказ от вредных привычек (54,3 %);
- занятия физической культурой и спортом (42,9 %);
- правильное питание (2,9 %).

На хорошее знание принципов санитарной культуры указали 60,0 %, удовлетворительное – 40,0 % студентов. Информацию о ЗОЖ в основном (40,0 %) студенты получают через Интернет, 37,1 % – на учебных занятиях и 22,9 % – из СМИ.

Правильным свой образ жизни считают только 31,4 % студентов, 62,9 % – только частично и 5,7 % указали, что их образ жизни нельзя назвать здоровым. Придерживаться принципов ЗОЖ считают для себя необходимым 54,3 % юношей и девушек; 40,0 % отмечают соблюдение ЗОЖ важным, но не главным в жизни; 5,7 % студентов считают, что можно обойтись и без ЗОЖ.

Студенты не могут постоянно соблюдать ЗОЖ из-за различных причин: отсутствия силы воли (54,3 %), недостатка времени (11,4 %), материальных трудностей (5,7 %), других причин (2,9 %). Только 25,7 % опрошенных отметили, что им ничего не мешает вести ЗОЖ.

В результате анкетирования установлено, что только небольшая часть респондентов систематически занимаются физкультурой и спортом (34,3 %). Ответы студентов на вопрос «Как часто Вы делаете утреннюю гигиеническую гимнастику?» распределились следующим образом: 57,1 % юношей и девушек ответили, что не делают; 17,1 % дали ответ, что делают 2–3 раза в неделю; и только 2,9 % опрошенных делают постоянно. В своё свободное время студенты предпочитают общаться с друзьями – 45,7 %, читать книги – 20,0 %, слушать музыку – 17,1 %, заниматься спортом – 8,6 %, спать – 5,7 %, ездить за город (на садовый участок, пикник) – 2,9 %.

Оценка режима питания первокурсников показала, что у большей части (37,1 %) опрошенных трёхразовое питание, у 28,6 % – кратность питания четыре раза в день, у 31,4 % – два приёма пищи, а у 2,9 % – принимают пищу только один раз в день. Завтракают 82,9 % юношей и девушек. Большая часть опрошенных (45,7 %) обедают в буфете Филиала, 40,0 % – покупают еду в кафе, 8,6 % – обедают едой, принесённой из дома, 5,7 % – не обедают. Низкая кратность питания обуславливает наличие лишнего веса ($r=|0,26|$), высокий уровень острой и хронической заболеваемости ($r=|0,39|$; $r=|0,27|$).

Важную роль в поддержании здоровья играет полноценный сон, способствующий восстановлению энергоресурсов организма студентов. В результате анкетирования установлено, что большинство студентов спят менее 7 часов в сутки (45,7 %), 8 часов – 40,0 % и более 8 часов – 17,1 %.

Начало обучения в вузе является чрезвычайно важным и напряжённым этапом в жизни студента. Студенты-первокурсники, впервые столкнувшись с новыми условиями жизнедеятельности в ВУЗе, неизбежно испытывают трудности, которые способствуют возникновению стресса. Так, в анкете 31,4 % студентов указали на свою частую подверженность стрессам, 40,0 % – время от времени. Не испытывают стрессы 28,6 % опрошенных. Появлению стрессового напряжения у студентов способствуют различные неудачи и неприятности: проблемы в семье (34,3 %) и с учёбой (22,9 %), финансовые трудности (11,4 %), проблемы в коллективе (8,6 %), одиночество (8,6 %) и другое (14,3 %). Вместе с тем, на наличие стресса у студентов негативно влияет высокий уровень хронической заболеваемости ($r=|0,37|$) и низкая физическая активность ($r=|0,30|$).

Угрозу здоровью молодежи представляют различные виды вредных привычек. Распространённость курения среди первокурсников составила всего 8,6 %. Большинство респондентов (85,8 %) считают, что курение вредно для их здоровья. Не употребляют спиртное 28,6 % студентов. В незначительных количествах (1–2 раза в месяц) употребляют спиртное 17,1 %, иногда – 54,3 %. После 16 лет алкоголь впервые попробовали 60,0 % респондентов, с 12–16 лет – 11,4 %. В тоже время 17,1 % первокурсников не считают употребление спиртных напитков вредным для их здоровья.

Главными причинами вредных привычек студенты считают стрессы (17,1 %), неустроенность быта и досуга (14,3 %), «интерес», желание «войти» в компанию (5,7 %), отсутствие адекватных механизмов релаксации (2,9 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство студентов имеют нормальные показатели физического развития. Дисгармоничность развития в основном обусловлена дефицитом массы тела. На возникновение дефицита массы тела может оказывать влияние неполноценное питание. У 40 % студентов выявлено слабое и очень слабое телосложение. Около трети студентов характеризуются низким уровнем экскурсии грудной клетки, систолического артериального давления, жизненной ёмкости лёгких. 54,3 % студентов имеют показатель жизненного индекса ниже нормы. Показатели артериального и пульсового давления большинства студентов соответствуют нормативным. В то же время около 40 % первокурсников характеризуются высокими значениями частоты сердечных сокращений и пульсового давления, что может расцениваться как пограничная артериальная гипертензия. Эти данные указывают на то, что здоровье студентов находится в регрессирующей фазе, поэтому необходимы корригирующие мероприятия, начиная с 1-го курса.

Подавляющее большинство студентов младшего курса оценивают своё здоровье как «хорошее» и «удовлетворительное». Около 65 % юношей и девушек, поступающих в Филиал, уже имеет сформированную хроническую патологию. В структуре хронической заболеваемости наибольший удельный вес имеют заболевания органов зрения, сердечно-сосудистой системы, органов дыхания и ЛОР-заболевания. Большинство студентов не имеют вредных привычек. Вместе с тем первокурсники имеют недостаточную физическую активность, несбалансированное питание, неполноценный сон, подвержены стрессам. Низкая кратность питания обуславливает высокий уровень острой и хронической заболеваемости, недостаток массы тела.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения профилактических медицинских осмотров студентов, разработки оздоровительных программ, направленных на коррекцию наиболее распространённых в студенческой среде факторов риска.

Список литературы

1. Абдуллина Л. Б. Формирование здорового образа жизни студентов в условиях современного вуза: практико-ориентированный аспект / Л. Б. Абдуллина // Здоровьесберегающее образование. – 2014. – № 2. – С. 78–82.
2. Бомин В. А. Здоровьесберегающие технологии в сохранении и формировании здоровья студентов: учебно-методическое пособие / В. А. Бомин, К. В. Сухинина. – Иркутск : Иркутский филиал Рос. гос. ун-та физ. культуры, спорта, молодёжи и туризма, 2011. – 156 с.
3. Медик В. А. Общественное здоровье и здравоохранение / В. А. Медик, В. К. Юрьев. – М. : Професионал, 2009. – 432 с.
4. Штих Е. А. Особенности формирования оценки физического здоровья студенток / Е. А. Штих // Теория и практика физической культуры. – 2008. – № 8. – С. 63–64.
5. Соснин В. П. Особенности состояния здоровья современного студента и способы его коррекции средствами физической культуры / В. П. Соснин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18886> (дата обращения: 06.09.2023).
6. Лопатина А. Б. Состояние здоровья студентов / А. Б. Лопатина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 1(55). – С. 41–42.

7. Рюмина Е. А. Оценка адаптивных возможностей учащихся второго курса вуза / Е. А. Рюмина, Н. В. Мищенко, Т. А. Трифонова // *Здоровье населения и среда обитания*. – 2012. – № 5 (230). – С. 40–42.
8. Mishchenko N. V. Express assessment of the students' adaptive abilities and revealing of the risk group / N. V. Mishchenko, T. A. Trifonova, I. A. Klimov // *Asian Social Science*. – 2015. – No 11. – P. 313–320.
9. Пенкин В. И. Физическое развитие детей Воронежской области: методические рекомендации / под ред. В. И. Пенкина. – Воронеж : [б. и.], 2000. – 40 с.

ANATOMO-FIZIOLOGICHESKIE PARAMETERS AND WAY OF LIFE OF STUDENTS OF THE HIGHER SCHOOL

Mukhina N. V.

*Borisoglebsk branch «Voronezh State University», Borisoglebsk, Russia
E-mail: natali196570@mail.ru*

Currently, there is a deterioration in the level of physical health of students. The formation of health largely depends on the lifestyle of young people. The purpose of the study: to assess the anatomical and physiological parameters and lifestyle of university students. 70 students of both sexes of the technological and pedagogical faculty of the Borisoglebsk branch of Voronezh State University were examined. The age of students ranged from 17 to 21 years.

To achieve this goal, methods were used: analysis of scientific and methodological literature, methods of anthropometry, somatoscopy, physiometry, method of data extraction, observation, questionnaire, methods of mathematical statistics.

Most students have normal physical development indicators. Based on the Kettle index, most students (68.6 %) have harmonious physical development. At the same time, it should be noted that there are a fairly large number of students who have signs of body weight deficiency (22.9 %). Piniar Index scores indicate a weak and very weak body type in 40 % of students. Among students, normostenics prevail (45.7 %). The chest excursion corresponds to the average physiological norm in 68.6 % of boys and girls. In 31.4 % of freshmen, the vital capacity of the lungs is below normal. 54.3 % of students have a below-normal life index score.

The blood and pulse pressure indicators of most students comply with the regulatory ones. At the same time, about 40 % of freshmen are characterized by high values of heart rate and pulse pressure, which can be regarded as borderline hypertension. These data indicate that students' health is in a regressive phase, so corrective activities are needed starting with the first year.

About 65 % of boys and girls entering the Branch already have a formed chronic pathology. Among chronic diseases, the most common are diseases of the visual organs, diseases of the cardiovascular system, diseases of the respiratory organs and ENT diseases.

11.4 % of respondents are registered at the dispensary. Almost every sixth student has a hereditary burden of hypertension, every tenth – for myocardial infarction. When showing symptoms of any disease, only 34.3 % of respondents turn to the doctor

"always." There is a close correlation of chronic morbidity with the presence of excess weight, weak or very weak physique, frequent pulse.

The vast majority of freshmen rate their health as "good" and "satisfactory" (97.2 %).

It was found that the majority of respondents (94.3 %) have a complete idea of a healthy lifestyle. At the same time, most of the information about a healthy lifestyle was obtained from the Internet (40 %), in training sessions (37.1 %) and from the media (22.9 %). Despite this, only 31.4 % of students described their lifestyle as healthy. Based on the data obtained, it can be established that 54.3 % of freshmen demonstrate a desire to follow the rules of a healthy lifestyle. Among the reasons indicated in the questionnaire for the inability to lead a healthy lifestyle are highlighted: lack of willpower, lack of time, material difficulties. In the majority of respondents, ideas about a healthy lifestyle are associated with the rejection of bad habits, physical education and sports, and proper nutrition.

Just 2.9 % of students systematically do morning hygiene gymnastics. Students prefer passive forms of leisure to a greater extent: they communicate with friends, read books, listen to music, sleep. Only 8.6 % of respondents go in for sports.

34.3 % of boys and girls eat irregularly. About 17.1 % of students do not have time to have breakfast, 5.7 % of – do not have lunch. Low dietary frequency causes a high level of acute and chronic morbidity, lack of body weight. 45.7 % students noted that they sleep less than 7 hours a day, which does not correspond to the norm. Stress of different intensities is often experienced by 31.4 % of respondents. Most students have no bad habits.

Thus, freshmen have insufficient physical activity, unbalanced nutrition, poor sleep, are subject to stress. The results indicate the need for preventive medical examinations of students, the development of health programs aimed at correcting the most common risk factors in the student environment.

Keywords: anatomical and physiological parameters, health, structure of chronic morbidity, lifestyle, students.

References

1. Abdullina L. B. Formation of a healthy lifestyle of students in the conditions of a modern university: a practical-oriented aspect, *Healthy education*, **2**, 78 (2014).
2. Bomin V. A., Sukhinina K. V. *Healthy technologies in the preservation and formation of student health: educational and methodological manual*, 156 p. (Irkutsk: Irkutsk branch "Russian State University of Physical Education, Sport, Youth and Tourism", 2011).
3. Medik V. A., Iurev V. K. *Public health and health*, 432 p. (Moscow: Professional, 2009).
4. Shtikh E. A. Features of the formation of an assessment of the physical health of female students, *Theory and Practice of Physical Culture*, **8**, 63 (2008).
5. Sosnin V. P. Features of the state of health of a modern student and ways to correct it by means of physical culture, *Modern Problems of Science and Education*, **2-1** (2015), Available aturl: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=18886> (accessed 06.09.2023).
6. Lopatina A. B. State of health of students, *International research journal*, **1** (55), 41 (2017).
7. Riumina E. A., Mishchenko N. V., Trifonova T. A. Assessment of the adaptive capabilities of second-year students of the university, *Public health and life environment*, **5** (230), 40 (2012).
8. Mishchenko N. V., Trifonova T. A., Klimov I. A. Express assessment of the students' adaptive abilities and revealing of the risk group, *Asian Social Science*, **11**, 313 (2015).
9. Penkin V. I. *Physical development of children of the Voronezh region: methodological recommendations*, 40 p. (Voronezh: [b. i.], 2000).

УДК 615.322

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-176-187

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО (EPILOBIUM ANGUSTIFOLIUM) В КАЧЕСТВЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ НАРУЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Патрацкая Т. А.¹, Патрацкий Д. А.¹, Суботьялов М. А.^{2,3}

¹ООО «Miraflores», Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», Новосибирск, Россия

³ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Новосибирск, Россия

E-mail: subotyalov@yandex.ru

В обзоре приводится анализ публикаций по выявлению содержания биологически активных веществ и терапевтических свойств растения *Epilobium angustifolium*, применимых в косметологических целях. В качестве материалов использовались как отечественные, так и зарубежные исследования, посвященные фармакологическому анализу и изучению терапевтических эффектов данного растения. Содержащиеся в составе кипрея узколистного биологически активные вещества показывают антибактериальную, противораковую, противоатеросклеротическую и противовоспалительную активность. Клиническим исследованием была доказана высокая эффективность экстракта кипрея на снижение выработки кожного сала головы и уменьшение образования перхоти. Активные ингредиенты кипрея показали способность проникать сквозь верхние слои дермы и накапливаться в коже.

Ключевые слова: *Epilobium angustifolium*, биологически активные вещества, фармакологическое исследование, антиоксидантное действие, компонентный состав, косметическая активность, коллаген, эластин, косметические средства после солнца.

ВВЕДЕНИЕ

Использование биологически активных веществ (БАВ) растительного происхождения при производстве косметики является одной из актуальных задач современной косметической индустрии. Различное растительное сырьё достаточно хорошо изучено для использования его в целях фармацевтики. Наиважнейший вклад в развитие данного направления внесла советская и российская школа фитотерапии. Однако же, при всём объёме исследований в этом направлении, чрезвычайно мало освещается вопрос изучения косметических свойств растительных БАВ для использования их в качестве косметических активов. Наибольшее количество работ на данную тему опубликовано группами ученых из китайских, российских и восточно-европейских институтов и лабораторий.

Одно из перспективных растений, изучением свойств которого занимаются группы из разных стран, является кипрей узколистный (*Epilobium angustifolium*).

Кипрей используется в России в основном в качестве сырья для производства чайных напитков (Иван-чай). Народная медицина небезосновательно приписывает ему широчайший спектр свойств, но при этом, кипрею узколистному не приписывается какая-то ярко выраженная терапевтическая направленность.

Однако, интерес к использованию препаратов и экстрактов из *Epilobium angustifolium* (ЕА) в качестве активного компонента для использования в косметических средствах пока еще недостаточно высок. В первую очередь это связано, на наш взгляд, с тремя факторами.

Во-первых, как мы говорили ранее, кипрей не сыскал себе славу в качестве лечебного средства с ярко выраженными свойствами одной направленности. Во-вторых, кипрей узколистый является широко распространённым, и даже, в некоторых случаях, сорным растением. С точки зрения маркетинга, это «слишком банальное растение» и для него не просто сформулировать уникальные маркетинговые преимущества. В-третьих, основной ареал распространения кипрея узколистного – это малозаселённые территории северного полушария (Сибирь, Дальний восток, Северная Европа, Канада и Аляска), что также не способствует развитием интереса к данному растению среди научного сообщества.

Впрочем, наши исследования, подтвердившие высочайшую эффективность действия экстрактов из *Epilobium angustifolium* в составах косметических средств *Miraflores*, в совокупности с исследованием терапевтических свойств экстрактов ЕА дают надежду на кратное увеличение исследовательского и практического интереса к экстрактам из кипрея узколистного.

Целью данного обзора является проанализировать компонентный состав БАВ *Epilobium angustifolium*, которые могут быть использованы в косметических целях, а также проанализировать выявленные и изученные косметические свойства БАВ *E. Angustifolium*, такие как антиоксидантное, противовоспалительное, противоаллергическое, себорегулирующее действие.

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.

Предшествующие обзорные статьи носят в основном узкий нозологический характер, что не умаляет их значимости. В собственном обзоре мы поставили задачу интегрировать разрозненные фрагментарные исследования, направленные на описание компонентного состава и биологической активности, обуславливающих терапевтический потенциал *Epilobium angustifolium* при наружном применении.

1. Компонентный состав биологически активных веществ *Epilobium angustifolium*

Химический компонентный состав кипрея узколистного изучался еще в первой половине прошлого века. Первые упоминания о веществах, содержащихся в *E. angustifolium* встречаются в публикациях 40-х годов XX в. В них упоминается о

достаточно высоком содержании аскорбиновой кислоты, выделенной из листьев кипрея узколистного.

Наибольшее внимание изучению компонентного состава *E. angustifolium* уделялось в 60–70 гг. прошлого века в Западной Европе и в 80–90 гг. – в Советском Союзе и России.

На основании данных работ можно сделать вывод о богатейшем и разнообразнейшем химическом составе биомассы кипрея узколистного.

Из наиболее интересных веществ, имеющих перспективу применения в косметологической отрасли, можно выделить следующие: полифенольные соединения (в том числе рутин и другие биофлавоноиды), аскорбиновая кислота, органические кислоты, пектин и иные полисахариды, тритерпены, стеролы, каротиноиды, антоцианы, кумарины и дубильные вещества [1–14]. В виде анионов и катионов, а также в связанном виде в кипрее узколистном содержится более 60 химических элементов [15, 16].

Биомасса *E. angustifolium* содержит в составе 16 аминокислот, шесть из которых незаменимых [17].

Цветы кипрея узколистного являются отличным медоносом. В привлечении пчёл важную роль играет эфирное масло данного растения. Выделенное методом гидродистилляции данное эфирное масло имеет следующий компонентный состав [18, 19]:

- бензоацетальдегид – 24,3 %
- эвгенол – 20,2 %
- линалоол – 10,9 %
- линалилпропиат – 10,9 %
- 3-гексен-1-ол – 15,4 %
- α -пинен – 2,5 %
- терпинеол – 1,7 %
- бензальдегид – 1,6 %
- лимонен – 1,5 %
- камфара – 0,8 %
- Δ^3 -карен – 0,6 %
- камфен – 0,4 %

Для *E. angustifolium* характерно высокое содержание полифенольных соединений, в том числе и фенольных кислот (кофейная кислота, хлорогеновая кислота, галловая кислота, дигидроксibenзойная кислота) [20]. Именно с этими веществами исследователи связывают ярко проявленные антиоксидантные свойства экстрактов кипрея узколистного.

2. Антиоксидантная активность и омолаживающие свойства БАВ *Epilobium angustifolium*

Этанольный экстракт кипрея узколистного (*E. angustifolium*) продемонстрировал высокую антиоксидантную активность. Показатель удаления свободных радикалов в проведённых исследованиях достиг 87 % [21], что является

определённо высоким значением для нативного растительного экстракта. В описываемом исследовании проводились опыты на определение антиоксидантной активности для концентраций этанольного экстракта *E. angustifolium* 1000 мкг/мл и 500 мкг/мл. Значимых различий в показателях активности не наблюдалось, и концентрация 500 мкг/мл оказалась достаточной. Данный факт является подтверждением высокой антиоксидантной активности *E. angustifolium*.

Основными химическими соединениями, выделенными из кипрея узколистного и обладающими антиоксидантным действием, являются полифенольные соединения: флавоноиды и фенольные кислоты [22]. Флавоноиды способны ингибировать и подавлять процессы окисления липидов клеточных мембран, приводящие к высвобождению арахидоновой кислоты. Также флавоноиды значительно снижают активность циклооксигеназы и 5-липоксигеназы, способствуя преобразованию арахидоновой кислоты в провоспалительные простагландины и лейкотриены [23]. Усиливать антиоксидантное действие веществ, входящих в экстракт кипрея узколистного, может хлорофилл [24], содержащийся в значительном количестве в зелёной массе *E. angustifolium*, особенно собранной во время цветения.

Внешний вид кожи, её эластичность и упругость напрямую зависят от состояния коллагеновых и эластиновых волокон в слоях дермы. Признаками физического старения кожи являются такие естественные процессы как уменьшение тургора, появление морщин и дряблость кожи. Данные процессы являются следствием разрушения волокон коллагена и эластина, основных структурных белков кожи, в том числе, под действием ферментов коллагеназы и эластазы соответственно [15].

В работах группы учёных под руководством др. А. Новак из Западно-Померанского медицинского Университета, Польша было установлено, что при использовании экстракта *E. angustifolium* в концентрации 1000 мкг/мл, достигается ингибирование активности коллагеназы на 59,8 % и эластазы на 49,1 % [21].

Исследования учёных из Стамбульского Университета Черрахпаша показали, что этилацетатный экстракт *E. angustifolium* в большей степени ингибирует действие коллагеназы. Ингибирующее же действие на эластазу в большей мере показал водный экстракт *E. angustifolium* [25].

Таким образом доказано, что действие экстракта *E. angustifolium* защищает волокна коллагена и эластина от разрушения, значительно увеличивает период их жизни, и тем самым защищает кожу от потери эластичности и преждевременного старения.

3. Противовоспалительная активность

Исследования показали высокую противовоспалительную активность этанолового экстракта кипрея [21]. Так, в проведенных исследованиях, противовоспалительное действие экстракта кипрея в концентрации 1000 мкг/мл составило порядка 80 % от действия контрольного противовоспалительного средства – ацетилсалициловой кислоты и почти 90 % от действия кверцетина. В

данных исследованиях изучался уровень ингибирования денатурации белка и уровень ингибирования липоксигеназы соответственно.

Эталонные противовоспалительные вещества, взятые в качестве контрольных, хотя и показывают более высокий уровень противовоспалительного действия, обладают также и побочными эффектами [26]. И хотя действие экстракта кипрея менее выражено, чем у привычных фармацевтических средств, его использование видится более предпочтительным по причине отсутствия его токсичности [27]. Немаловажно также, что использование цельного экстракта даёт большую вероятность синергии между содержащимися в них активными ингредиентами, по сравнению с отдельными выделенными из него БАВ.

Также, является важным, что в последние годы наблюдается растущий интерес к применению натуральных косметических средств по уходу за кожей и волосами. Считается, что натуральное сырьё безопаснее при нанесении на кожу по сравнению с синтетическими веществами [28].

Исследования ученых Варшавского медицинского университета показали, что одним из основных действующих веществ, отвечающих за высокую антиоксидантную активность *E. angustifolium* является эзнотеин (ЭТН) [29]. В исследованиях ЭТН показал ярко выраженное ингибирующее действие в отношении гиалуронидазы и в части высвобождения миелопероксидазы из стимулированных нейтрофилов [30]. Нейтрофилы являются одними из основных иммунных клеток в ранах, которые защищают от инфекции путем секреции пептидов и ферментов.

Другими авторами также сообщалось о противовоспалительной активности мирицетина 3-О-β-D-глюкуронида, выделенного из листьев *E. angustifolium*, который продемонстрировал противовоспалительный эффект при индуцированном каррагинаном отеке задней лапы крысы [31].

4. Противомикробная активность

Различные исследования показывают высокий потенциал кипрея (*E. angustifolium*) в качестве противомикробного средства.

Антибактериальный эффект водного экстракта кипрея был отмечен в отношении всех штаммов бактерий *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *Bacillus cereus*, *Candida* spp. [32, 33]

Этанольные экстракты ЕА также показали явное ингибирующее действие на штаммы бактерий *S. aureus*, *E. coli*, *S. marcescens*, *S. pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *P. fluorescens*, *B. subtilis*, *B. pseudomycoïdes*, *B. Thuringiensis*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium* [20, 34].

Турецкие ученые сообщают об интенсивном заживлении ран при использовании экстрактов *E. angustifolium* [35]. В качестве лекарственного растения с в том числе антибактериальным действием кипрей узколистный используется в традиционной народной медицине славянских, прибалтийский и европейских народов, а также в медицине индейцев Северной Америки. Широко используется кипрей в традиционной медицине народов России в качестве средства при фурункулезе, ранах (в том числе и инфицированных), повреждениях кожи,

бактериальных и воспалительных болезнях слизистых, болезнях ЖКТ, язвах и гастритах.

Местно водные экстракты из цветков и листьев кипрея узколистного применяют при лечении ангины, стоматитов и золотухи. Напар цветущей травы кипрея, а также кашицу из свежих цветов и листьев прикладывают к фурункулам и ранкам. Порошком из высушенных листьев и цветов присыпают раны [36].

Противомикробная активность *E. angustifolium* связывается, прежде всего, с его мощным антиоксидантным действием, а также с комплексом биологически активных веществ в его составе.

5. Себoreгулирующее действие и использование в составе средств против перхоти

Исследования, проведённые компанией Lucas Meyer Cosmetics, показали высокую степень воздействия экстракта кипрея (*E. angustifolium*) на снижение выработки кожного сала [37].

На моделях *in vitro* и *ex vivo*, было показано, что 1 % экстракт кипрея снижал синтез липидов в себоцитах до 43 %.

Клиническими исследованиями, проведёнными этой же компаний на 24 добровольцах в течение 30 дней, было показано снижение выработки кожного сала кожей головы на 67 % по сравнению с исходным уровнем, при использовании 1,5 % экстракта *E. angustifolium*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор биологически активных веществ и терапевтических свойств кипрея узколистного (*Epilobium angustifolium*) показал высокий потенциал использования экстрактов из данного растения в качестве перспективного сырья для производства косметики.

Основными свойствами кипрея, выявленными в результате проведения исследований, являются:

1. Высокая антиоксидантная активность, которая позволяет успешно использовать экстракты *E. angustifolium* в качестве эффективного актива в косметических средствах до и после солнца, а также в косметических средствах с омолаживающим действием.
2. Ярко выраженное противовоспалительное действие, которое дает возможность применять экстракты кипрея для решения множества косметологических задач, связанных с проявлениями воспалений на коже. В сочетании с антиоксидантными свойствами экстрактов данного растения высокой эффективности действия можно добиться в косметических средствах, применяемых до и после солнечного облучения. Кроме того, что весьма важно, выдающиеся противовоспалительные свойства *E. angustifolium* позволяют рассматривать его экстракты в качестве эффективной натуральной замены синтетическим противовоспалительным препаратам.
3. Высокий потенциал кипрея в качестве противомикробного средства прекрасно дополняет его противовоспалительные свойства. Особенно это важно для

косметических средств, направленных борьбы с воспалительными процессами, связанными с активностью кожных бактерий, высокая потребность в которых имеется у людей подросткового возраста.

4. Выявленное себорегулирующее действие экстрактов *E. angustifolium* отлично сочетается с его противовоспалительными и антимикробными свойствами в качестве универсального актива разностороннего действия для подростковой косметики. Также, данное свойство даёт возможность использования экстрактов кипрея в различных косметических средствах для жирной кожи и волос.

Список литературы

1. Исследования состава водно-глицеринового меристемного экстракта кипрея узколистного, лаборатория Серконс по заказу ИП Патрацкий Д. А. ТМ Miraflores. Москва, 2023 г., протокол испытаний №2601/12-23.
2. Полежаева И. В. Изучение экстрактов надземной части *Chamerion Angustifolium* (L.) Holub / И. В. Полежаева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2007. – №3. – С. 91–94.
3. Полежаева И. В. Изучение экстрактивных веществ *Chamerion Angustifolium* (L.) Holub / И. В. Полежаева, Н. И. Полежаева, Л. Н. Меняйло, Н. И. Павленко, В. А. Левданский // Химия растительного сырья. – 2005. – №1. – С. 25–29.
4. Полежаева И. В. Сравнительное исследование химического состава кипрея узколистного / И. В. Полежаева, Н. И. Полежаева, В. А. Левданский // Вестник КГУ. Естественные науки. – 2005. – №2. – С. 130–133.
5. Переверзева И. С. Изучение перспектив разработки современного препарата на основе кипрея узколистного, произрастающего в Самарской области / И. С. Переверзева // Молодые ученые XXI века – от идеи к практике: материалы докл. междунар. науч.-практ. конф. – Самара. – 2015. – С. 175.
6. Stalikas C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids / C. D. Stalikas // Sep. Sci. – 2007. – Vol. 30. – P. 3268–3295.
7. Захаров А. М. Поиски флавоноидноносных растений во флоре некоторых районов Киргизии и Казахстана / А. М. Захаров, К. И. Боряев // Растительные ресурсы. – 1966. – Т. 2, вып.1. – С. 14–27.
8. Муравьёва Д. А. Исследование растений, применяемых в народной медицине, на содержание аскорбиновой кислоты / Д. А. Муравьёва, А. И. Баньковский // Труды ВНИИ лекарственных и ароматических растений. – 1949. – Вып. 9. – С. 39–118.
9. Фармакогностическое исследование надземной части *Chamerion Angustifolium* (L.) Scop. автореф. дис. ... канд. фарм. наук. – Улан-Удэ, 2012. – 22 с.
10. Liu Y. Study on chemical constituents of *Chamaenerion angustifolium* II. Tannins and related polyphenolic compounds / Y. Liu, C. Wang, Q. Han, B. Yu, G. Ding // Chin. Trad. Herb. Drugs. – 2003. – Vol. 34. – P. 967–969.
11. Hunecr S. Triterpenes unsaponifiable neutral constituents from *Chamaenerion Angustifolium* and *Epilobium Obscurum* / S. Hunecr // Phytochemistry. – 1967. – Vol. 6, №8. – P. 1149–1150.
12. Glen A. T. Triterpenoid constituents of rosebay willow-herb / A. T. Glen, W. Lawrie, J. McLean, Y. M. El-Garby // J. Chem. Soc. C. Org. chem. – 1967. – Vol. 26. P. 510–515.
13. Barakat H. H. Polyphenolic metabolites of *Epilobium hirsutum* / H. H. Barakat, S. A. M. Hussein, M. S. Marzour, I. Merfort, M. Linscheid, M. A. M. Nawwar // Phytochem. – 1997. – Vol. 46. – P. 935–941.
14. Валов Р. И. Элементный состав *Chamerion Angustifolium* (L.) Holub / Р. И. Валов, М. А. Ханина, А. П. Родин // Сибирское медицинское обозрение. – 2010. – №5. – С. 44–47.
15. Gonulalan E. M. A new perspective on evaluation of medicinal plant biological activities: The correlation between phytomics and matrix metalloproteinases activities of some medicinal plants / E. M. Gonulalan, E. Nemutlu, L. O. Demirezer // Saudi Pharm. J. – 2019. – Vol. 27. – P. 446–452.

16. Полежаева И. В. Аминокислотный и минеральный состав вегетативной части *Chamerion Angustifolium* (L.) Holub / И. В. Полежаева, Н. И. Полежаева, Л. Н. Меняйло // Химико-фармацевтический журнал. – 2007. – №3. – С. 27–29.
17. Полежаева И. В. Эколого-географические особенности накопления биологически активных веществ кипрея узколистного (*Chamerion Angustifolium* (L.) Holub), произрастающего на территории Красноярского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2007. – 19 с.
18. Hegnauer R. Chemotaxonomie der Pflanzen. Bd. 1-6. Basel, Stuttgart, 1969; Bd. 5. 506 s; 1966. Bd. 4. 551 s.; 1973. Bd. 6. 882 s.
19. Полежаева И. В. Состав эфирного масла кипрея узколистного / И. В. Полежаева // Фармация. – 2007. – №7. – С. 7–9.
20. Nowak A. In vitro human skin penetration, antioxidant and antimicrobial activity of ethanol-water extract of fireweed (*Epilobium angustifolium* L.) / A. Nowak, K. Cybulska, E. Makuch, Ł. Kucharski, M. Różewicka-Czabańska, P. Prowans, N. Czaplą, P. Bargiel, J. Petriczko, A. Klimowicz // *Molecules*. – 2021. – No 26. – P. 329.
21. Novak A. *Epilobium angustifolium* L. Extracts as Valuable Ingredients in Cosmetic and Dermatological Products / A. Novak, M. Zagorska-Dziok, P. Osowicz-Rupniewska, E. Makuch, W. Duchnik, L. Kucharski, U. Adamiak-Giera, P. Prowans, N. Czaplą, P. Bargiel, J. Petriczko, M. Markowska, A. Klimowicz // *Molecules*. – 2021. – 26(11). – P. 3456.
22. Zagórska-Dziok M. Cosmetic and dermatological properties of selected ayurvedic plant extracts / M. Zagórska-Dziok, A. Ziemlewska, T. Bujak, Z. Nizioł-Łukaszevska, Z. Hordyjewicz-Baran // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26(3). – P. 614.
23. Arct J. Flavonoids as component of biologically active cosmeceuticals / J. Arct, K. Pytkowska // *Clin. Dermatol.* – 2008. Vol. 26. – P. 347–357.
24. Zagórska-Dziok M. Positive effect of *Cannabis sativa* L. herb extracts on skin cells and assessment of cannabinoid-based hydrogels properties / M. Zagórska-Dziok, T. Bujak, A. Ziemlewska, Z. Nizioł-Łukaszevska // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26. – P. 802.
25. Onar H. C. Elastase, tyrosinase and lipoxygenase inhibition and antioxidant activity of an aqueous extract from *Epilobium angustifolium* L. leaves / H. C. Onar, A. Yusufoglu, G. Turker, R. Yanardag // *J. Med. Plants Res.* – 2012. – No 6. – P. 716–726.
26. Deharo E. Analysis of additivity and synergism in the anti-plasmodial effect of purified compounds from plant extracts / E. Deharo, H. Ginsburg // *Malar. J.* – 2011. – No 10. – Suppl 1(Suppl 1), S5.
27. Roman I. Cytotoxic effects of three species of *Epilobium* (Onagraceae) herbal extracts in rats / I. Roman, M. A. Rusu, C. Puica, M. Borsa // *Studia Univ. “Vasile Goldiș” Ser. Științele Vieții*. – 2010. – No 20. – P.19–23.
28. Rinnerthaler M. Oxidative stress in aging human skin / M. Rinnerthaler, J. Bischof, M. K. Streubel, A. Trost, K. Richter // *Biomolecules*. – 2015. – No 5. – P. 545–589.
29. Nowak A. *Epilobium angustifolium* L. as a potential herbal component of topical products for skin care and treatment / A. Nowak, J. Zielonka-Brzezicka, M. Perużyńska, A. Klimowicz // *Molecules*. – 2022. – Vol. 27, No. 11. – P. 3536.
30. Kiss A. K. Oenothein B's Contribution to the anti-inflammatory and antioxidant activity of *Epilobium* sp. / A. K. Kiss, A. Bazyłko, A. Filipek, S. Granica, E. Jaszewska, U. Kiarszys, A. Kośmider, J. Piwowarski // *Phytomedicine*. – 2011. – No 18. – P. 557–560.
31. Hiermann A. Isolierung des antiphlogistischen wirkprinzips von *Epilobium angustifolium* / A. Hiermann, M. Reidlinger, H. Juan, W. Sametz // *Planta Med.* – 1991. – No 57. – P. 357–360.
32. Ferrante C. Phenolic content and antimicrobial and anti-inflammatory effects of *Solidago virga-aurea*, *Phyllanthus niruri*, *Epilobium angustifolium*, *Peumus boldus*, and *Ononis spinosa* Extracts / C. Ferrante, A. Chiavaroli, P. Angelini, R. Venanzoni, G. A. Flores, L. Brunetti, M. Petrucci, M. Politi, L. Menghini, S. Leone [et al.] // *Antibiotics*. – 2020. – Vol. 9, No 11. – P. 783.
33. Feshchenko H. Study of antibacterial and antifungal properties of the lyophilized extract of fireweed (*Chamaenerion angustifolium* L.) Herb / H. Feshchenko, S. Marchyshyn, L. Budniak, L. Slobodaniuk, R. Basaraba // *PharmacologyOnline*. – 2021. – No 2. – P. 1464–1472.
34. Kavaz Yüksel A. Phytochemical, phenolic profile, antioxidant, anticholinergic and antibacterial properties of *Epilobium angustifolium* (Onagraceae) / A. Kavaz Yüksel, E. Dikici, M. Yüksel, M. Işık, F. Tozoğlu, E. Köksal // *Food Meas.* – 2021. – No 15. – P. 4858–4867.

35. Karakaya S. In vivo bioactivity assessment on Epilobium species: A particular focus on Epilobium angustifolium and its components on enzymes connected with the healing process / Karakaya S., I. Süntar, O. F. Yakinci, O. Sytar, S. Ceribasi, B. Dursunoglu, H. Ozbek, Z. Guvenalp // Journal of Ethnopharmacology. – 2020. – Vol. 262. – P. 113207.
36. Полная энциклопедия лекарственных растений / Г. В. Лавренова, В. К. Лавренов – М.: АСТ: Донецк: Сталкер. – 2008. – 416 с.
37. Loing E. New targets in the battle against dandruff / E. Loing, E. Lamarque, M. Borel // J Cosmet Sci. – 2017. – Vol. 68, No 1. – P. 107–113.

COMPONENT COMPOSITION AND THERAPEUTIC POTENTIAL OF FIREWEED (EPILOBIUM ANGUSTIFOLIUM) AS A PROMISING RAW MATERIAL FOR EXTERNAL USE

Patraskaya T. A.¹, Patraskii D. A.¹, Subotyalov M. A.^{2,3}

¹*ООО «Miraflores», Moscow, Russia*

²*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia*

³*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*

E-mail: subotyalov@yandex.ru

One of the promising plants whose properties are being studied by groups from different countries is fireweed (*Epilobium angustifolium*). Fireweed is used in Russia mainly as a raw material for the production of tea drinks (Ivan-chai). Traditional medicine, not unreasonably, ascribes to it a wide range of properties, but at the same time, *angustifolia* fireweed is not attributed any clearly defined therapeutic properties.

However, interest in the use of preparations and extracts from *Epilobium angustifolium* (EA) as an active ingredient for use in cosmetics is not yet high enough. In our opinion, this is primarily due to three factors.

Firstly, as we said earlier, fireweed has not found fame as a medicinal product with pronounced properties of one direction. Secondly, *angustifolia* fireweed is a widespread and even, in some cases, weed plant. From a marketing perspective, it is “too common a plant” and cannot easily be articulated with unique marketing benefits. Thirdly, the main distribution area of *angustifolia* fireweed is the sparsely populated areas of the northern hemisphere (Siberia, the Far East, North Europe, Canada and Alaska), which also does not contribute to the development of interest in this plant among the scientific community.

However, our research, which has confirmed the highest effectiveness of extracts from EA in the composition of Miraflores cosmetic products, together with the study of the therapeutic properties of EA extracts, gives hope for a manifold increase in research and practical interest in extracts from fireweed.

The purpose of this review is to analyze the component composition of the biologically active substances EA, which can be used for cosmetic purposes, as well as to analyze the identified and studied cosmetic properties of the BAS EA, such as antioxidant, anti-inflammatory, anti-allergic, sebum-regulating effects.

A review of biologically active substances and therapeutic properties of fireweed showed the high potential of using extracts from this plant as a promising raw material for the production of cosmetics.

The main properties of fireweed, identified as a result of research, are:

1. High antioxidant activity, which allows the successful use of EA extracts as an effective active in pre- and post-sun cosmetics, as well as in cosmetics with an anti-aging effect.
2. A pronounced anti-inflammatory effect, which makes it possible to use fireweed extracts to solve many cosmetic problems associated with the manifestations of inflammation on the skin. In combination with the antioxidant properties of extracts of this plant, high efficiency can be achieved in cosmetics used before and after solar irradiation. In addition, and very importantly, the outstanding anti-inflammatory properties of EA allow its extracts to be considered as an effective natural replacement for synthetic anti-inflammatory drugs.
3. The high potential of fireweed as an antimicrobial agent perfectly complements its anti-inflammatory properties. This is especially important for cosmetics aimed at combating inflammatory processes associated with the activity of skin bacteria, a high need for which is found in adolescents.
4. The identified sebum-regulating effect of EA extracts goes well with its anti-inflammatory and antimicrobial properties as a universal, multi-functional asset for teenage cosmetics. Also, this property makes it possible to use fireweed extracts in various cosmetics for oily skin and hair.

Keywords: Epilobium angustifolium, biologically active substances, pharmacological research, antioxidant effect, component composition, cosmetic activity, collagen, elastin, after-sun cosmetics.

References

1. Research of the composition of water-glycerol meristem extract of fireweed angustifolia, Sercons laboratory commissioned by IP Patratsky D. A. TM Miraflores. Moscow, 2023, test report No. 2601/12-23.
2. Polezhaeva I. V. Study of extracts of the aerial parts of Chamerion Angustifolium (L.) Holub, *Bulletin of KSAU*, **3**, 91 (2007).
3. Polezhaeva I. V., Polezhaeva N. I., Menyailo L. N., Pavlenko N. I., Levdanskiy V. A. Study of extractives of Chamerion Angustifolium (L.) Holub, *Khimija rastitel'nogo syr'ya*, **1**, 25 (2005).
4. Polezhaeva I. V., Polezhaeva N. I., Levdanskiy V. A. Comparative study of the chemical composition of fireweed angustifolia, *KSU Bulletin. Natural Sciences*, **2**, 130 (2005).
5. Pereverzeva I. S. Studying the prospects for the development of a modern drug based on angustifolia fireweed, growing in the Samara region, *Young scientists of the 21st century – from idea to practice: materials of reports of the international scientific and practical conference, Samara*, 175 (2015).
6. Stalikas C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids, *Sep. Sci*, **30**, 3268 (2007).
7. Zakharov A. M., Boryaev K. I. Searches for flavonoid-bearing plants in the flora of some regions of Kyrgyzstan and Kazakhstan, *Rastitelnye resursy*, **2(1)**, 14 (1966).
8. Murav'eva D. A., Ban'kovskii A. I. Study of plants used in traditional medicine for the content of ascorbic acid, *All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants*, **9**, 39 (1949).
9. Valov R. I. Pharmacognostic study of the aerial part of Chamerion Angustifolium (L.) Scop., *abstract of the dissertation for the scien. degree of Cand. of Pharm. Scien., Ulan-Ude* (2012).

10. Liu Y., Wang C., Han Q., Yu B., Ding G. Study on chemical constituents of *Chamaenerion angustifolium* II. Tannins and related polyphenolic compounds, *Chin. Trad. Herb. Drugs*, **34**, 967 (2003).
11. Hunecr S. Triterpenes unsaponifiable neutral constituents from *Chamaenerion Angustifolium* and *Epilobium Obscurum*, *Phytochemistry*, **6(8)**, 1149 (1967).
12. Glen A. T., Lawrie W., McLean J., El-Garby Y. M. Triterpenoid constituents of rosebay willow-herb, *J. Chem. Soc. C. Org. chem*, **26**, 510 (1967).
13. Barakat H. H., Hussein S. A. M., Marzour M. S., Merfort I., Linscheid M., Nawwar M. A. M. Polyphenolic metabolites of *Epilobium hirsutum*, *Phytochem*, **46**, 935 (1997).
14. Valov R. I., Khanina M. A., Rodin A. P. Element composition of *Chamerion Angustifolium* (L.) Holub, *Siberian medical review*, **5**, 44, (2010).
15. Gonulalan E. M., Nemutlu E., Demirezer L. O. A new perspective on evaluation of medicinal plant biological activities: The correlation between phytochemicals and matrix metalloproteinases activities of some medicinal plants, *Saudi Pharm. J*, **27**, 446 (2019).
16. Polezhaeva I. V., Polezhaeva N. I., Menyailo L. N. Amino acid and mineral compositions of the vegetative part of *Chamerion Angustifolium*, *Pharmaceutical Chemistry Journal*, **3**, 27 (2007).
17. Polezhayeva I. V. Ecological and geographical features of the accumulation of biologically active substances of fireweed (*Chamerion Angustifolium* (L.) Holub), growing in the Krasnoyarsk Territory, *abstract of the dissertation of a Cand. of Biol. Sci.*, Krasnoyarsk, (2007).
18. Hegnauer R. *Chemotaxonomie der Pflanzen*. Bd. 1-6. Basel, Stuttgart, 1969; Bd. 5. 506 s; 1966. Bd. 4. 551 s.; 1973. Bd. 6. 882 s.
19. Polezhayeva I. V. Composition of essential oil in fireweed (*Chamerion Angustifolium* (L.) Holub), *Farmatsiya*, **7**, 7 (2007).
20. Nowak A., Cybulska K., Makuch E., Kucharski Ł., Rózewicka-Czabańska M., Prowans P., Czapla N., Bargiel P., Petriczko J., Klimowicz A. In vitro human skin penetration, antioxidant and antimicrobial activity of ethanol-water extract of fireweed (*Epilobium angustifolium* L.), *Molecules*, **26**, 329 (2021).
21. Novak A., Zagorska-Dziok M., Osowicz-Rupniewska P., Makuch E., Duchnik W., Kucharski L., Adamiak-Giera U., Prowans P., Czapla N., Bargiel P., Petriczko J., Markowska M., Klimowicz A. *Epilobium angustifolium* L. Extracts as Valuable Ingredients in Cosmetic and Dermatological Products, *Molecules*, **26(11)**, 3456 (2021).
22. Zagórska-Dziok M., Ziemlewska A., Bujak T., Nizioł-Łukaszewska Z., Hordyjewicz-Baran Z. Cosmetic and dermatological properties of selected ayurvedic plant extracts, *Molecules*, **26(3)**, 614 (2021).
23. Arct J., Pytkowska K. Flavonoids as component of biologically active cosmeceuticals, *Clin. Dermatol*, **26**, 347 (2008).
24. Zagórska-Dziok M., Bujak T., Ziemlewska A., Nizioł-Łukaszewska Z. Positive effect of *Cannabis sativa* L. herb extracts on skin cells and assessment of cannabinoid-based hydrogels properties, *Molecules*, **26**, 802 (2021).
25. Onar H. C., Yusufoglu A., Turker G., Yanardag R. Elastase, tyrosinase and lipoxygenase inhibition and antioxidant activity of an aqueous extract from *Epilobium angustifolium* L. leaves, *J. Med. Plants Res*, **6**, 716 (2012).
26. Deharo E., Ginsburg H. Analysis of additivity and synergism in the anti-plasmodial effect of purified compounds from plant extracts, *Malar. J*, **10**, S5 (2011).
27. Roman I., Rusu M. A., Puica C., Borsari M. Citotoxic effects of three species of *Epilobium* (Onagraceae) herbal extracts in rats, *Studia Univ. "Vasile Goldiş" Ser. Ştiinţele Vieţii*, **20**, 19 (2010).
28. Rinnerthaler M., Bischof J., Streubel M. K., Trost A., Richter K. Oxidative stress in aging human skin, *Biomolecules*, **5**, 545 (2015).
29. Nowak A., Zielonka-Brzezicka J., Perużyńska M., Klimowicz A. *Epilobium angustifolium* L. as a potential herbal component of topical products for skin care and treatment, *Molecules*, **27(11)**, 3536 (2022).
30. Kiss A. K., Bazylko A., Filipek A., Granica S., Jaszewska E., Kiarszys U., Kośmider A., Piwowarski J. Oenothlein B's Contribution to the anti-inflammatory and antioxidant activity of *Epilobium* sp., *Phytomedicine*, **18**, 557 (2011).
31. Hiermann A., Reidlinger M., Juan H., Sametz W. Isolierung des antiphlogistischen wirkprinzips von *Epilobium angustifolium*, *Planta Med*, **57**, 357 (1991).

32. Ferrante C., Chiavaroli A., Angelini P., Venanzoni R., Flores G. A., Brunetti L., Petrucci M., Politi M., Menghini L., Leone S. [et al.]. Phenolic content and antimicrobial and anti-inflammatory effects of *Solidago virga-aurea*, *Phyllanthus niruri*, *Epilobium angustifolium*, *Peumus boldus*, and *Ononis spinosa* Extracts, *Antibiotics*, **9(11)**, 783 (2020).
33. Feshchenko H., Marchyshyn S., Budniak L., Slobodianiuk L., Basaraba R. Study of antibacterial and antifungal properties of the lyophilized extract of fireweed (*Chamaenerion angustifolium* L.) Herb, *PharmacologyOnLine*, **2**, 1464 (2021).
34. Kavaz Yüksel A., Dikici E., Yüksel M., Işık M., Tozoğlu F., Köksal E. Phytochemical, phenolic profile, antioxidant, anticholinergic and antibacterial properties of *Epilobium angustifolium* (Onagraceae), *Food Meas*, **15**, 4858 (2021).
35. Karakaya S., Sıntar I., Yakinci O. F., Sytar O., Ceribasi S., Dursunoglu B., Ozbek H., Guvenalp Z. In vivo bioactivity assessment on *Epilobium* species: A particular focus on *Epilobium angustifolium* and its components on enzymes connected with the healing process, *Journal of Ethnopharmacology*, **262**, 113207 (2020).
36. Lavrenova G. V., Lavrenov V. K. *Complete encyclopedia of medicinal plants*, 416 p. (M.: AST: Donetsk: Stalker, 2008).
37. Loing E., Lamarque E., Borel M. New targets in the battle against dandruff, *J Cosmet Sci*, **68(1)**, 107 (2017).

УДК 612.1/.8+616.12-008.3-073.96

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-188-197

ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОК-ПЕРВОКУРСНИЦ ПРИ ЗАНЯТИЯХ АКВААЭРОБИКОЙ

Петрушкина Н. П., Звягина Е. В., Миловидов В. К.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет физической культуры», Челябинск,
Россия
E-mail: zv-aev@mail.ru*

Исследована динамика показателей функционального состояния кардиореспираторной системы студенток первого курса высших учебных заведений, которые занимались оздоровительной аквааэробикой и аэробикой. Каждая группа включала 60 девушек. Определяли коэффициенты устойчивости к гипоксии на вдохе и на выдохе, показатель функциональных резервов дыхательной и сердечно-сосудистой системы, показатель эффективности расходования энергетических ресурсов, показатель аэробной и анаэробной выносливости. Динамическое наблюдение подтвердило положительное влияние занятий как аквааэробикой, так и аэробикой на изученные показатели, что совпадает с результатами предыдущего исследования, которые продемонстрировали улучшение выполнения тестов на выносливость и свидетельствуют об улучшении адаптационных процессов к концу учебного года. Полученные факты позволяют рекомендовать эти виды оздоровительных занятий студенческим контингентам в соответствии их социальными возможностями и интересами. Предполагая совершенствование адаптации к учебе в высших учебных заведениях студенток-первокурсниц, связанное с занятиями оздоровительным аэробным фитнесом, далее планируется исследовать в этих группах динамику частоты острых заболеваний и обострений хронических, что является одним из критериев долгосрочной адаптации.

Ключевые слова: студентки, аквааэробика, кислородтранспортные системы, адаптация, физиологические тесты.

ВВЕДЕНИЕ

Комплексный подход к решению проблемы сохранения здоровья учащихся, особенно первокурсников, адаптирующихся к новым микросоциальным условиям, позволяет не только выявлять причины дизадаптационных нарушений у них в этот период, но и разрабатывать программы оздоровления студенческих контингентов. В ранее представленных нами работах показано влияние специфики учебных программ, высоких интеллектуальных и низких физических нагрузок на рост заболеваемости. В качестве оздоровительной физической культуры студенткам предлагались занятия аквааэробикой и аэробикой, а эффективность этих занятий оценивали по динамике уровня физической подготовленности (результаты выполнения нормативов комплекса ГТО на золотой, серебряный и бронзовый значок). Полученные данные свидетельствовали о значительном улучшении

выносливости, гибкости, быстроты и взрывной силы. Очевидно, что совершенствование двигательных качеств не только сопровождалось, но даже было обусловлено динамикой функционального статуса занимающихся. Учитывая тот факт, что работа выполнялась в аэробном режиме, в первую очередь представляет интерес оценка динамики показателей кислород-транспортных систем (дыхание и кровообращение).

Цель исследования – оценка динамики показателей функционального состояния кардиореспираторной системы при занятиях аэробикой и аквааэробикой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены студентки первого курса, которые были организованы в две группы. Все имели сходный возраст, уровень здоровья и раньше занимались физической культурой в школе только на соответствующих уроках. Добровольное согласие на участие в исследовании девушки подтвердили, подписав информированное согласие. Первая группа (n=60) занималась аквааэробикой по 45 минут 3 раза в неделю. Вторая группа (n=60) – оздоровительной аэробикой по традиционной программе с той же регулярностью. Проводимые после тренировки восстановительные мероприятия были одинаковы в обеих группах.

Функциональные показатели кардиореспираторной системы (КРС) оценивали в начале учебного года (1-й этап исследования) и в конце учебного года (2-й этап исследования).

Исходными данными для анализа являлись частота дыхания (ЧД), легочная вентиляция (ЛВ), частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление систолическое и диастолическое (АД). Очевидно, что простая констатация среднегрупповых значений этих показателей мало информативна, поэтому на основе этих измерений после выполнения мышечной нагрузки далее по соответствующим формулам рассчитывали функциональные показатели работы кардиореспираторной системы (КРС). Определяли коэффициенты устойчивости к гипоксии на вдохе и на выдохе, показатель функциональных резервов дыхательной и сердечно-сосудистой системы, показатель эффективности расходования энергетических ресурсов (ПЭРР), показатель аэробной выносливости (ПАВ), показатель анаэробной выносливости (ПАНВ) [1–4].

Аэробная нагрузка достигалась выполнением степ-теста (высота ступени 0,33 м) первоначально измеряли в покое ЧП, ЛВ и АД, далее частоту пульса (на 5-й минуте работы), легочную вентиляцию и артериальное давление (сразу после нагрузки и на 2-й минуте восстановления). По формулам определяли среднюю скорость восстановления ЧП, ЛВ и АД и далее рассчитывали эффективность легочной вентиляции, общего кровотока, пульсовую стоимость нагрузки и на основе этого – ПАВ в нормализованных единицах [5–8].

Анаэробная нагрузка выполнялась по методу де Брюин-Прево на велоэргометре при мощности нагрузки 350 Вт (2100 кгм/мин). Трижды регистрировали объем легочной вентиляции за 1 мин, ЧП и АД. По соответствующим формулам рассчитывали ПАНВ. Полученные цифры переводили в нормализованные единицы

(н.е.) и оценивали по шкале – от низкого (неудовлетворительного) до высокого (отличного) уровня [9–11].

Индивидуальные результаты позволили определить распределение наблюдаемых девушек по оценкам уровней соответствующих показателей в процентах. После математической обработки полученных результатов традиционными методами биостатистики проведено межгрупповое сравнение распределения обследуемых по изученным признакам, используя по критерий Фишера (95 % уровень достоверности).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования представлены на рисунках 1–3 и в таблице, из которых следует, что в начале учебного года распределение обследованных по оценкам изученных показателей в обеих группах было сходным. Коэффициент устойчивости к гипоксии на вдохе у трети студенток оценили как «отличный», у почти 40 % обследованных – как «хороший», а неудовлетворительных оценок не было (рис. 1).

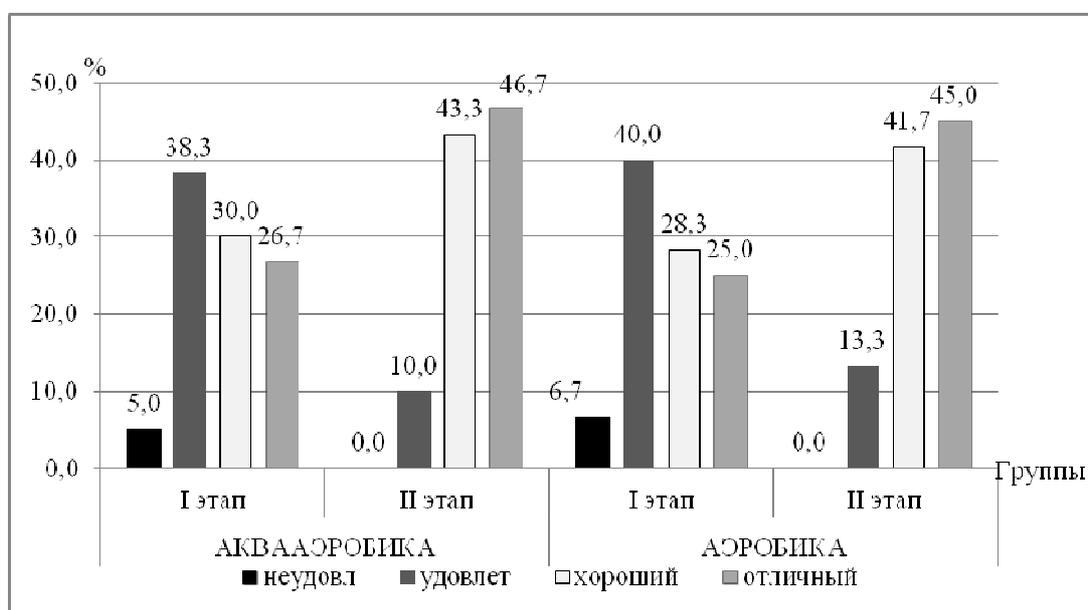


Рис. 1 Распределение студенток по результатам выполнения теста на устойчивость к гипоксии на вдохе, %

По оценкам устойчивости к гипоксии на выдохе распределение до начала занятий оказалось иным: большинство студенток (около 40 %) имели «удовлетворительную» оценку, 30 % – «хорошую». Согласно результатам этого теста у троих из группы «аквааэробика» и четверых из группы «аэробика» на

первом этапе исследования этот коэффициент устойчивости к гипоксии был неудовлетворительным (рис. 2).

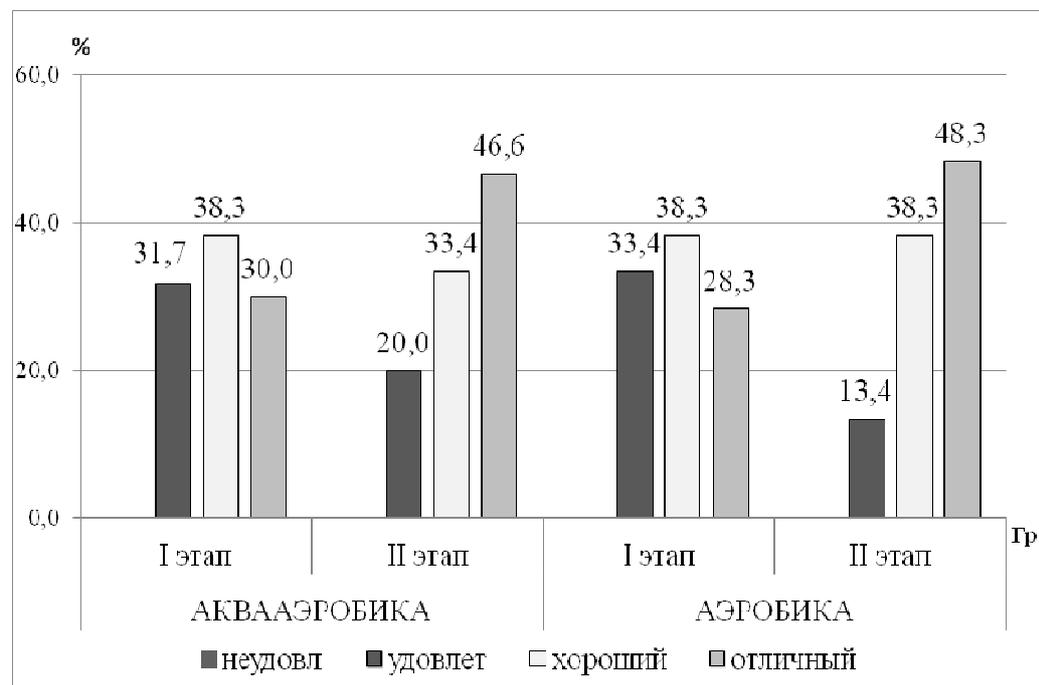


Рис. 2 Распределение студенток по результатам выполнения теста на устойчивость к гипоксии на выдохе, %

На втором этапе исследования при оценках результатов выполнения этих тестов исследования зарегистрирована положительная динамика в обеих группах. Различий между группами не установлено, а внутригрупповые показатели достоверно отличались от данных первого этапа обследования (рис. 1–3). В обеих группах высокий коэффициент *устойчивости к гипоксии на вдохе* («отличная» и «хорошая» оценка) отмечен у большинства обследованных: суммарно 90 % – в группе занимавшихся аквааэробикой и 86,7 % – в группе занимавшихся аэробикой. Близкие к этим показателям цифры отмечены и при анализе *устойчивости к гипоксии на выдохе*. В конце наблюдения «неудовлетворительных» оценок не было.

Статистически значимые внутригрупповые различия между результатами первого и второго этапа исследования отмечены по «отличным» оценкам, которых стало существенно больше, и по «неудовлетворительным», которые по окончании наблюдения не регистрировались.

Комплексная оценка функциональных *резервов* кардиореспираторной системы (рис. 3) демонстрирует как на первом, так и втором этапе распределение, сходное с таковым по *коэффициентам устойчивости к гипоксии*. Внутригрупповые различия

в динамике «отличных» оценок были статистически достоверными в обеих группах. В то же время существенных различий между занимающимися аквааэробикой и аэробикой ни в начале, ни к конце наблюдения не установлено.

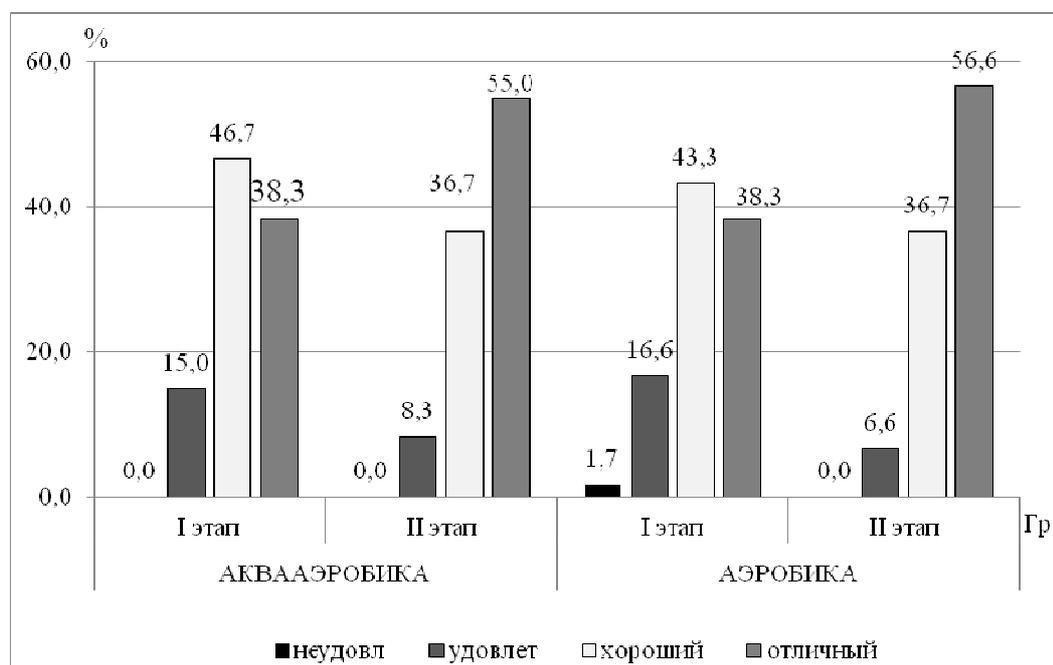


Рис. 3. Распределение студенток по результатам оценки функциональных резервов кардиореспираторной системы, %

Как следует из таблицы, изо всех изученных показателей только ПЭРР имел неудовлетворительную оценку и в начале, и в конце учебного года. Однако, на втором этапе этот показатель статистически достоверно уменьшился в обеих группах по сравнению с таковой в начале исследования с 17 до 3 человек – «аквааэробика» и с 18 до 5 человек – «аэробика»). Как и в предыдущей статье, сохранение неудовлетворительных оценок мы связываем с тем фактом, что за месяц до финального обследования эти студентки перенесли респираторные заболевания, т.е. имели перерыв в занятиях.

Динамика показателей аэробной и анаэробной выносливости также оказалась сходной в обеих группах: достоверно увеличилось число студенток с отличными оценками, а неудовлетворительные оценки отсутствовали (таблица).

Резюмируя представленные данные, подчеркнем, что изученные характеристики функционального состояния кардиореспираторной системы, как и следовало ожидать, существенно улучшились в группах девушек, занимавшихся аквааэробикой и аэробикой. Этот факт совпадает с результатами предыдущего исследования, которые продемонстрировали улучшение выполнения тестов на выносливость.

Таблица

Распределение студенток по оценкам эффективности расходования энергетических ресурсов, аэробной и анаэробной выносливости, в процентах

Оценка	Этапы исследования, группы, физиологические показатели, распределение в абсолютных числах / процентах, значение критерия Фишера,							
	1-й этап			2 этап			F _{1,3}	F _{2,4}
	Аква аэробика	Аэробика	F _{1,2}	Аква аэробика	Аэробика	F _{3,4}		
1	2		3	4				
ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСХОДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ, в н. е.								
Отличный 0,71-1,0	13/21,7	11/18,3	0,21	17/28,3	16/26,7	0,04	0,71	1,20
Хороший 0,41-070	15/25,0	15/25,0	0	21/35,0	18/30,0	0,34	1,43	0,37
Удовлетв 0,21-0,40	15/25,0	16/26,7	0,04	19/31,7	21/35,0	0,15	0,65	0,98
Неудовл менее 0,21	17/28,3	18/30,0	0,04	3/5,0	5/8,33	0,54	<u>17,5*</u>	<u>9,87</u>
ПОКАЗАТЕЛЬ АЭРОБНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ, в н. е.								
Отличный 0,71-1,0	14/23,3	18/30,0	0,68	33/55,0	36/60,0	0,31	<u>13,17</u>	<u>11,26</u>
Хороший 0,41-070	18/30,0	17/28,3	0,04	15/25,0	14/23,3	0,04	0,38	0,39
Удовлетв 0,21-0,40	22/36,7	20/33,3	0,15	12/20,0	10/16,7	0,22	<u>4,19</u>	<u>4,56</u>
Неудовл менее 0,21	6/10,0	5/8,34	0,10	0	0	0	<u>12,42</u>	<u>10,29</u>
ПОКАЗАТЕЛЬ АНЭРОБНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ, в н. е.								
Отличный 0,71-1,0	15/25,0	17/28,3	0,17	31/51,7	33/55,0	0,13	<u>9,30</u>	<u>9,02</u>
Хороший 0,41-070	19/31,7	21/35,0	0,15	15/25,0	16/26,7	0,04	0,65	0,98
Удовлетв 0,21-0,40	22/36,6	19/31,7	0,33	14/23,3	11/18,3	0,04	0,56	2,89
Неудовл менее 0,21	4/6,7	3/5,0	0,15	0	0	0	<u>8,18</u>	<u>6,10</u>

Примечание: * – статистически значимые различия

Отдаленной целью предлагаемых занятий с аэробными нагрузками было улучшение адаптационных процессов у первокурсниц. Кардиореспираторная система в физиологии рассматривается как важное звено адаптационных реакций, которые обеспечивают не только функциональный резерв, но и расход оперативных и стратегических резервов организма.

К критериям адаптации относятся среди прочих и стабилизация функции кислородтранспортных систем, сохранение высокой работоспособности и общей резистентности при действии дополнительных возмущающих факторов, а также и восстановление иммунореактивного статуса [12–15]. На последний критерий может оказывать влияние и факт занятий аквааэробикой в водной среде (закаливающий эффект). Предполагая, что совершенствование адаптации в группах студенток-первокурсниц связано с занятиями оздоровительным аэробным фитнесом, далее планируется исследовать в этих группах динамику частоты острых заболеваний и обострений хронических.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные результаты исследования функционального состояния кислородтранспортной системы (коэффициенты устойчивости к гипоксии на вдохе и на выдохе, показатель функциональных резервов дыхательной и сердечно-сосудистой системы, показатель эффективности расходования энергетических ресурсов, показатели аэробной и анаэробной выносливости) подтвердили положительное влияние на изученные показатели занятий как аквааэробикой, так и аэробикой. Эти данные свидетельствуют об улучшении адаптационных процессов к концу учебного года и позволяют рекомендовать эти виды оздоровительных занятий студенческим контингентам в соответствии их социальными возможностями и интересами.

Список литературы

1. Айзятуллова Г. Р. Совершенствование специальной выносливости спортсменов на этапе предварительной подготовки на основе характеристик компонентов соревновательной композиции спортивной аэробики / Г. Р. Айзятуллова, Л. В. Пашкова, Т. К. Сахарнова // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2022. – № 3(41). – С. 10–18.
2. Евтропкова Д. С. Оценка функционального состояния студенток 1 курса по дисциплине «Физическая культура и спорт» элективного направления «Фитнес» (опыт ПетрГУ) / Д. С. Евтропкова // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 79-4. – С. 69–72. – DOI 10.18411/trnio-11-2021-154.
3. Зайцев А. А. Комплексная оценка реакции кардиореспираторной системы на волевую задержку дыхания у студентов технического вуза / А. А. Зайцев, А. А. Бояркина, Б. В. Сорока // Известия Балтийской государственной академии рыбопромышленного флота: психолого-педагогические науки. – 2019. – № 3(49). – С. 165–172.
4. Коган И. М. Особенности влияния аэробных физических упражнений на физическое развитие молодежи / И. М. Коган, О. В. Косарева // Вестник науки. – 2024. – №1 (70). – С. 896–901.
5. Левченко Л. Е. Динамика устойчивости к гипоксии у девушек 20-25 лет, занимающихся фитнесом / Л. Е. Левченко, Д. А. Нелюбина // Молодежный инновационный вестник. – 2021. – Т. 10, № S1. – С. 474–478.
6. Информативность показателей, характеризующих вегетативный статус спортсмена при мышечной деятельности / Н. П. Петрушкина, О. И. Коломиец, Я. В. Латышин [и др.] // Ученые записки

- Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 4. – С. 91–101.
7. Повышение уровня физической подготовленности студенток на основе использования функциональных уроков по аквааэробике / Е. В. Любина, Т. Е. Сими́на, О. Н. Логинов, К. Э. Столяр // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 7(161). – С. 172–176.
 8. Пономарева Н. И. Комплексная программа аэробики как средство повышения уровня физической и функциональной подготовленности студентов / Н. И. Пономарев // Вестник Томского государственного университета. – 2019. – №444. – С.193–197
 9. Результаты выполнения норм комплекса ГТО как показатель адаптации студенток к обучению в высшем учебном заведении / Н. П. Петрушкина, О. И. Коломиец, В. К. Миловидов, А. И. Пустозеров // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2018. – № 2(156). – С. 167–172.
 10. Степанова О. Н. Методика функционального фитнес-тренинга женщин 25–35 лет / О. Н. Степанова, И. С. Марьин, А. А. Симагина // Ученые записки университета Лесгафта. 2022. – №8 (210). – С. 344–349
 11. Хайруллин Р. Р. Дыхательный объем у студентов с различными типами адаптации кардиореспираторной системы при нагрузке повышающейся мощности / Р. Р. Хайруллин, Н. Ф. Ишмухаметова // Вестник современных исследований. – 2018. – № 10.1(25). – С. 19–20.
 12. Бабичева И. В. Концептуальный подход к использованию современных оздоровительных систем в образовательном процессе по физическому воспитанию студенток / Бабичева И. В. // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22. – № 3. – С. 128–136. DOI: 10.14529/hsm220315
 13. Интерфероновый статус человека. Проблемы стандартизации исследования и установления референсных значений / А.В. Лобов, Е.А. Погодина, П.И. Иванова, Н.В. Угарова, Е.В. Сорокина, И.Ж. Шубина // Российский биотерапевтический журнал. – 2022. – №4. – С. 30–40.
 14. Николайчук И. Ю. Влияние функциональной тренировки на дыхательную систему у девушек в процессе занятий фитнесом / И. Ю. Николайчук, Н. В. Лицоева, В. В. Андреева // Вестник Луганского государственного педагогического университета. Серия 2. Физическое воспитание и спорт. – 2021. – Т. 62, № 3. – С. 24–29.
 15. Столбов А. Н. Оценка баскетбола на выполнение нормативов ГТО / А. Н. Столбов, В. Б. Пластинина // Здоровье человека, теория и методика культуры физической культуры и спорта. 2019. – №2 (13). – С. 138–143

CHARACTERISTICS OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM OF FIRST-YEAR STUDENTS DURING WATER AEROBICS ACTIVITIES

Petrushkina N. P., Zvyagina E. V., Milovidov V. K.

*Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russia
E-mail: zy-ae@mail.ru*

The dynamics of indicators of the functional state of the cardiorespiratory system of first-year female students of higher educational institutions who were engaged in recreational water aerobics and aerobics was studied. Each group included 60 girls. The coefficients of resistance to hypoxia during inhalation and exhalation, the indicator of functional reserves of the respiratory and cardiovascular systems, the indicator of the efficiency of energy resource expenditure, and the indicator of aerobic and anaerobic

endurance were determined. Functional indicators of the cardiorespiratory system (CRS) were assessed at the beginning of the academic year (1st stage of the study) and at the end of the academic year (2nd stage of the study). Summarizing the presented data, we emphasize that the studied characteristics of the functional state of the cardiorespiratory system, as one would expect, significantly improved in the groups of girls involved in water aerobics and aerobics. This finding is consistent with the results of a previous study that demonstrated improved performance on endurance tests.

The long-term goal of the proposed classes with aerobic exercise was to improve adaptation processes in first-year girls. The cardiorespiratory system in physiology is considered as an important link in adaptive reactions, which provide not only a functional reserve, but also the consumption of operational and strategic reserves of the body.

Dynamic observation confirmed the positive impact of both aqua aerobics and aerobics on the studied, which coincides with the results of a previous study, which demonstrated an improvement in endurance tests and indicates an improvement in adaptation processes by the end of the school year.

The obtained facts allow us to recommend these types of recreational activities to student populations in accordance with their social capabilities and interests. Assuming the improvement of adaptation to study in higher educational institutions of first-year female students associated with health-improving aerobic fitness classes, it is further planned to study in these groups the dynamics of the frequency of acute diseases and exacerbations of chronic ones, which is one of the criteria for long-term adaptation.

Keywords: female students, water aerobics, oxygen transport systems, adaptation, physiological tests.

References

1. Ayzyatullova G. R., Pashkova L. V., Sakharnova T. K. Improving the special endurance of athletes at the stage of preliminary training based on the characteristics of the components of the competitive composition of sports aerobics, *Physical education and sports training*, **3(41)**, 10 (2022). (In Russ.)
2. Evtropkova D. S. Assessment of the functional state of 1st year female students in the discipline "Physical Culture and Sports" of the elective direction "Fitness" (PetrSU experience), *Trends in the development of science and education*, **79-4**, 69 (2021) DOI 10.18411/trnio-11-2021-154. (In Russ.)
3. Zaitsev A. A., Boyarkina A. A., Soroka B. V. Comprehensive assessment of the reaction of the cardiorespiratory system to volitional breath holding in students of a technical university, *News of the Baltic State Academy of Fishing Fleet: psychological and pedagogical sciences*, **3(49)**, 165 (2019). (In Russ.)
4. Kogan I. M., Kosareva O. V. Features of the influence of aerobic physical exercises on the physical development of youth, *Bulletin of Science*, **1 (70)**, 896 (2024). (In Russ.)
5. Levchenko L. E., Nelyubina D. A. Dynamics of resistance to hypoxia in girls 20-25 years old involved in fitness, *Youth Innovation Bulletin*, **10**, S1, 474 (2021). (In Russ.)
6. Petrushkina N. P., Kolomiets O. I., Latyushin Ya. V., Vorovsky S. N., Zvyagina E. V., Informativeness of indicators characterizing the vegetative status of an athlete during muscular activity, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University*, **5 (71)**, 4, 91 (2019). (In Russ.)
7. Lyubina E. V., Simina T. E., Loginov O. N., Stolyar K. E. Increasing the level of physical fitness of female students based on the use of functional lessons in water aerobics, *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, **7(161)**, 172 (2018). (In Russ.)
8. Ponomareva N. I. A comprehensive aerobics program as a means of increasing the level of physical and functional preparedness of students, *Bulletin of Tomsk State University*, **444**, 193 (2019). (In Russ.)

9. Petrushkina N. P., Kolomiets O. I., Milovidov V. K., Pustozero A. I. Results of fulfilling the standards of the GTO complex as an indicator of female students' adaptation to studying at a higher educational institution, *Scientific Notes of the University named after. P.F. Lesgafta*, **2(156)**, 167 (2018). (In Russ.)
10. Stepanova O. N., Maryin I. S., Simagina A. A. Methods of functional fitness training for women 25-35 years old, *Scientific notes of Lesgaft University*, **8 (210)**, 344 (2022). (In Russ.)
11. Khairullin R. R., Ishmukhametova N. F. Tidal volume in students with various types of adaptation of the cardiorespiratory system under a load of increasing power, *Bulletin of modern research*, **10.1(25)**, 19 (2018). (In Russ.)
12. Babicheva I. V. Conceptual approach to the use of modern health systems in the educational process of physical education of female students, *Man. Sport. Medicine*, **22**, 3, 128, (2022). DOI: 10.14529/hsm220315. (In Russ.)
13. Lobov A. V., Pogodina E. A., Ivanova P. I., Ugarova N. V., Sorokina E. V., Shubina I. Zh. Human interferon status. Problems of standardization of research and establishment of reference values, *Russian Biotherapeutic Journal*, **4**, 30 (2022). (In Russ.)
14. Nikolaychuk I. Yu., Litsoeva N. V., Andreeva V. V. The influence of functional training on the respiratory system in girls during fitness classes, *Bulletin of Lugansk State Pedagogical University. Series 2. Physical education and sports*, **62**, 3, 24 (2021). (In Russ.)
15. Stolbov A. N., Platinina V. B. Assessment of basketball for compliance with GTO standards, *Human health, theory and methodology of physical culture and sports*, **2 (13)**, 138, (2019). (In Russ.)

УДК 796.01:612

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-198-206

ПОКАЗАТЕЛИ СИЛЫ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ У ХОККЕИСТОВ- ПОДРОСТКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИГРОВОГО АМПЛУА

Прима О. С., Головин М. С., Суботялов М. А.

*Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия
E-mail: nikulina_olga151@mail.ru*

Проведено исследование индивидуально-типологических особенностей нервной системы и устойчивости внимания хоккеистов подросткового возраста разного спортивного амплуа. Использовали методику Е. П. Ильина «Теппинг-тест» и «Таблицы Шульте». Анализ результатов показал высокую вработываемость и высокую адаптацию к нагрузке у нападающих. Выявлено, что нервная система у нападающих более сильная, чем у защитников. Хоккеисты защитники показали высокую устойчивость внимания. Использование полученных данных позволит повысить эффективность спортивной ориентации и спортивного отбора, а также будет способствовать уточнению игрового амплуа в хоккее среди занимающихся спортсменов подросткового возраста.

Ключевые слова: тип нервной системы, теппинг-тест, хоккей, устойчивость внимания, здоровье спортсменов.

ВВЕДЕНИЕ

Хоккей, относящийся к игровым видам спорта, предъявляет высокие требования к индивидуально-типологическим и психофизиологическим особенностям спортсменов, так как во время игры у спортсменов наблюдается высокий уровень психоэмоционального напряжения.

Существует такое мнение, что задатками развития двигательных способностей являются типологические особенности проявления свойств нервной системы [1–3], так как ответная реакция организма хоккеистов на тренировочные и соревновательные нагрузки зависит от подвижности, силы и динамичности нервных процессов. Сильная нервная система выдерживает большую по величине и длительности нагрузку, чем слабая [2], что очень важно для работоспособности хоккеистов и успешного исхода игры.

Сохранение здоровья хоккеистов, как одна из главных задач тренера, выполняется тогда, когда принимаются во внимание психофизиологические особенности личности спортсмена, тем или иным образом соответствующие игровому амплуа. Понимание того, что спортсмен с присущей ему слабой нервной системой или низкой концентрацией внимания обладает меньшей эффективностью (результативностью) игры в команде, позволит тренеру провести правильный спортивный отбор по игровому амплуа, а спортсмену даст возможность найти свое место в спорте, в команде без вреда для его психоэмоционального здоровья.

В распределении хоккеистов по игровому амплуа используется масса биохимических и физиологических тестов, позволяющих оценить двигательную активность и общий уровень физического развития. Однако, тестирование только физических качеств спортсмена на этапе ориентации и отбора, не совсем корректно, ведь такие методы не всегда означают предрасположенность хоккеиста к игровому амплуа. Следовательно, изучение психофизиологических особенностей спортсмена, влияющих на результаты его спортивной деятельности в игровом амплуа, имеет важное теоретическое и прикладное значение.

Выявление психофизиологических особенностей спортсменов возможно при использовании различных специальных унифицированных методик, одними из которых являются: методика экспресс-диагностики свойств нервной системы по психомоторным показателям Е. П. Ильина (Теппинг-тест) и методика на определение устойчивости внимания и динамики работоспособности «Таблица Шульте» [4–6].

Изучение основных свойств нервной системы спортсменов и концентрации внимания имеет большое значение в теоретических и прикладных исследованиях ведущих отечественных и зарубежных специалистов. Так, в работе по обследованию спортсменов, занимающихся хоккеем с шайбой и тхэквондо (с различной направленностью тренировочного процесса). Было установлено, что большая часть спортсменов показала достаточно высокую устойчивость к утомлению и хорошую адаптацию к нагрузке [7].

В трудах Павленкович С. С. с соавторами описаны результаты исследования проявления типологических особенностей темперамента и свойств нервной системы у студентов командных и индивидуальных видов спорта в условиях соревновательной деятельности. Обнаружено, что практически у всех обследованных спортсменов обеих групп выявлен сильный тип нервной системы с одинаково хорошо развитыми процессами возбуждения и торможения [8].

Также методика «Теппинг-теста» использовалась в работе Чистоедовой Ю. А. и Кылосова А. А. при обследовании юных лыжников, в ходе которой были изучены показатели теппинг-теста по правой и левой руке, а также определены типы нервной системы юных спортсменов и другие значимые показатели [9].

Статья Рябцева С. М. с соавторами посвящена изучению основных свойств внимания: концентрации, устойчивости, объёма, распределения, переключаемости, избирательности у спортсменов высокого класса, занимающихся пулевой и стендовой стрельбой. Результаты эмпирического исследования определили ряд проблем в группе испытуемых и показали значительное количество спортсменов, которые нуждаются в коррекции концентрации, избирательности, распределения и переключаемости внимания [10].

Работа Павловой А. Д. с соавторами «Выявление концентрации внимания у начинающих стрелков» показала, что использование применяемой в данном исследовании методики определения устойчивости внимания в ходе тренировочного процесса позволяет контролировать у спортсменов-стрелков уровень концентрации и удержания внимания, как одного из главных факторов

достижения высокого спортивного результата, и своевременно корректировать спортивную подготовку [11].

По достаточно большому ряду исследований ученых видно, что методики «Теппинг-теста» и «Таблица Шульте» по изучению основных свойств нервной системы и основных свойств внимания пользуются большой популярностью [12–17], однако, подобного рода исследований у хоккеистов подросткового возраста с учетом игрового амплуа нами не найдено. Соответственно, недостаточная изученность данного вопроса и его высокая актуальность в спорте послужили предпосылкой для настоящего исследования.

Цель исследования. Изучить основные свойства нервной системы и устойчивость внимания у подростков-хоккеистов в зависимости от игрового амплуа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 45 спортсменов-хоккеистов мужского пола в возрасте 13–14 лет. Спортсмены были условно разделены на две группы по игровому амплуа: защитники ($n=18$) и нападающие ($n=27$). На момент исследования спортсмены являлись действующими игроками команд г. Новосибирска «Лигры» и «СКА».

Изучение и оценка силы нервной системы проводилось с использованием методики теппинг-теста в аппаратно-программном комплексе НС «Психотест» (Нейрософт), Россия. Исследуемые показатели: максимальные и минимальные значения, продемонстрированные в 5-секундном интервале; динамика показателей по 5-секундным интервалам.

Исследование устойчивости внимания хоккеистов проводилось с помощью «Таблицы Шульте», одного из наиболее распространённых инструментов проверки внимания, который разработан немецким психиатром и психотерапевтом Вальтером Шульте.

Полученные материалы обработаны общепринятыми методами статистики с использованием t -критерия Стьюдента для независимых выборок и считались достоверными при $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Работая над анализом теппинг-теста подростков-хоккеистов в зависимости от игрового амплуа, мы установили достоверные отличия между представителями разных групп (таблица 1).

Анализируя результаты теппинг-теста у хоккеистов обеих групп, мы выяснили, что в первые 5 секунд теста (1-й интервал) показатели нападающих достоверно превышали показатели защитников, это говорит о высокой вработываемости нападающих в стартовой мобилизации. Схожая достоверность наблюдалась и на 5-м интервале теппинг-теста (этап завершения работы). Увеличение темпа работы в конце теста говорит о хорошем волевом (финишном) усилии испытуемых. Полученные результаты теста показали высокую вработываемость (быструю

включаемость в работу) нападающих и высокую адаптацию к нагрузке в сравнении с хоккеистами-защитниками.

Таблица 1
Средние значения показателей теппинг-теста подростков-хоккеистов в зависимости от игрового амплуа

Амплуа	Инт.1	Инт.2	Инт.3	Инт.4	Инт.5	Инт.6	КСНС
Защитники	34±0,8	33,1±1,2	31,2±1,1	29,6±0,9	28,2±0,8	27,6±0,9	20,1±1,8
Нападающие	35,8±0,6*	33,2±0,4	30,6±0,7	30,6±0,5	30,2±0,5*	28,4±0,4	26,1±2,4*

Примечание: * – достоверные различия между группами спортсменов с разным спортивным амплуа при $p \leq 0,05$; КСНС – коэффициент силы нервной системы; Инт. – интервал.

Чем выше коэффициент силы нервной системы (КСНС), тем нервная система сильнее; чем ниже, тем нервная система слабее. Изучая коэффициент силы нервной системы подростков-хоккеистов в зависимости от игрового амплуа, мы установили, что данная величина у хоккеистов-нападающих оказалась статистически значимо выше, в сравнении с защитниками, соответственно, нервная система у нападающих более сильная, чем у защитников. Такая нервная система позволяет нападающим справляться с соревновательными и тренировочными стрессами лучше по сравнению с защитниками [18].

Полученные средние значения теппинг-теста у подростков хоккеистов обеих групп указывают на тип нервной системы средне-слабой силы (рис. 1, рис. 2).

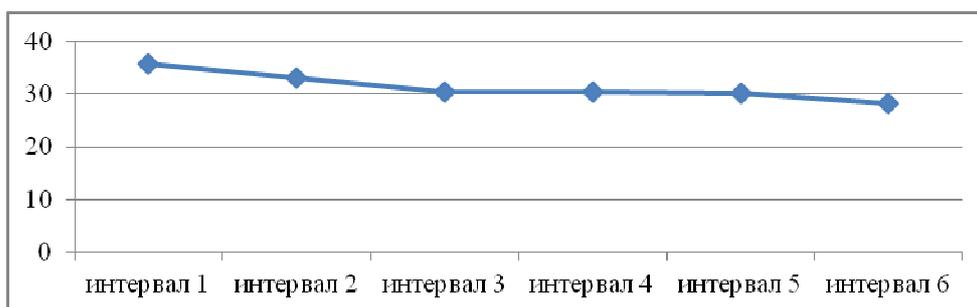


Рис. 1. Средние значения теппинг-теста хоккеистов-нападающих.

Анализ результатов оценки типа нервной системы отдельно у нападающих показал, что 75 % обследованных имеют средне-слабый тип нервной системы (промежуточный тип динамики максимального темпа движений), 25 % – слабый тип (нисходящий тип динамики максимального темпа движений). Среднего и сильного типа нервной системы у данной группы спортсменов не было выявлено.

Изучение результатов оценки типа нервной системы у защитников показало, что 68 % имеют средне-слабый тип нервной системы (промежуточный тип динамики максимального темпа движений), 25 % слабый тип (нисходящий тип динамики максимального темпа движений) и 6 % средний тип (ровный тип

динамики максимального темпа движений). Сильного типа нервной системы у представителей данной группы спортсменов так же не было выявлено.

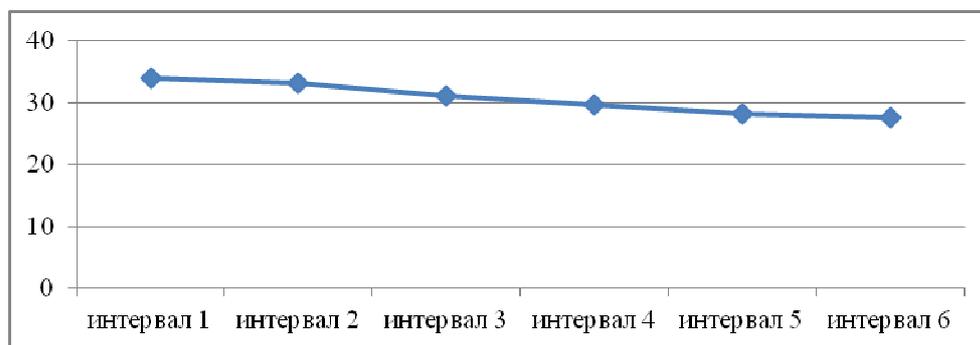


Рис. 2. Средние значения теппинг-теста хоккеистов-защитников.

Многие тренеры и спортивные психологи рассматривают особенности устойчивости и концентрации внимания спортсменов как один из ведущих факторов эффективного выступления на соревнованиях [19, 20].

Устойчивость внимания – временная характеристика, а соответственно, чем меньше время выполнения задания с таблицей, тем выше устойчивость внимания; чем выше устойчивость внимания, тем выше когнитивные навыки и сосредоточенность на чем-либо.

Результаты диагностики по методике «Таблица Шульте» на определение устойчивости внимания подростков-хоккеистов показали, что время выполнения упражнения у защитников достоверно меньше времени выполнения нападающих, соответственно ($31,4 \pm 2,5^*$ и $37,8 \pm 1,3$ секунд). Хоккеисты-защитники способны лучше контролировать свои мысли, более решительны и сосредоточены на игре по сравнению с нападающими.

Мы считаем, что использование полученных данных позволит повысить эффективность спортивной ориентации и спортивного отбора, а также более точно корректировать игровое амплуа в хоккее среди занимающихся спортсменов подросткового возраста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенная оценка особенностей нервной системы и устойчивости внимания подростков-хоккеистов в зависимости от игрового амплуа позволила сделать следующие выводы:

- хоккеисты-нападающие обладают высокой вработываемостью в стартовой мобилизации, а также имеют хорошую устойчивость к утомлению и высокую адаптацию к нагрузке;
- показатели силы нервной системы у нападающих выше, чем у защитников;
- хоккеисты-защитники имеют более высокий уровень устойчивости внимания, более решительны и сосредоточены.

Список литературы

1. Дроздовский А. К. Способ оценки природной предрасположенности индивидов к определенным специализациям в спорте и профессиях / А. К. Дроздовский // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. – 2021. – Т. 6, № 1. – С. 140–161.
2. Ильин Е. П. Психомоторная организация человека / Е. П. Ильин. – М.: 2003. – 384 с.
3. Нопин С. В. Физиологический и биомеханический контроль функционального состояния двигательной системы спортсменов / С.В. Нопин, Ю. В. Корягина. – Эссендуки: ФГБУ СКФНКИ ФМБА России, 2021. – 176 с.
4. Ильин Е. П. Психофизиология состояний человека / Ильин Е. П. – СПб.: Питер. – 2005. – 412 с.
5. Методика экспресс-диагностики свойств нервной системы по психомоторным показателям Е. П. Ильина (Теппинг-тест) / Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие. Ред.-сост. Д.Я. Райгородский – Самара. – 2001. – С. 528–530.
6. Методика «Таблицы Шульце» / Альманах психологических тестов. – М. – 1995. – С. 112–116.
7. Коломиец О. И. Особенности функционального состояния центральной нервной системы у спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса / О. И. Коломиец, Н. П. Петрушкина, Е. В. Быков, И. А. Якубовская // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2017. – Т. 12, № 2. – С. 217–225.
8. Типологические особенности темперамента и свойства нервной системы студентов командных и индивидуальных видов спорта в условиях соревновательной деятельности / С. Павленкович, Т. Беспалова, Л. Токаева, И. Смышляева // Физическая культура, спорт – наука и практика – 2018. – № 2. – С. 110–116.
9. Чистоедова Ю. А. Оценка особенностей нервной системы юных лыжников-гонщиков / Ю. А. Чистоедова, А. А. Кылосов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 39. – С. 1861–1865.
10. Рябцев С. М. Attentionные характеристики спортсменов высокого класса, занимающихся пулевой и стендовой стрельбой / С. М. Рябцев, А. Л. Корепанов, О. Н. Кажарская, О. А. Кандрашихина, Т. А. Журова // Мир педагогики и психологии: научно-практический журнал. – 2021. – №7(60). – С. 27–36.
11. Павлова А. Д. Выявление концентрации внимания у начинающих стрелков / А. Д. Павлова, М. Н. Протодяконова, Г. Г. Горохова // Теория и практика физической культуры. – 2020. – №9. – С. 82–83.
12. Галимова А. С. Оценка психофизиологического статуса юных теннисистов с учетом свойств нервной системы / А. С. Галимова, Е. В. Данилов // Научное обозрение. Биологические науки. – 2014. – № 1. – С. 43–44.
13. Горская И. Ю. Типологические особенности нервной системы спортсменок высокой квалификации в разных дисциплинах легкой атлетики / И. Ю. Горская, А. С. Белякова, А. Г. Карпеев // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 286–292.
14. Дорофеев В. В. Использование методики Теппинг-теста при определении вида двигательной активности студентов на занятиях физической культурой / В. В. Дорофеев, И. А. Бажина, В. В. Сафонов // Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта. – 2022. – №11(213). – С. 167–170.
15. Мосина Н. В. Характеристика и учет индивидуально-типологических особенностей, свойств нервной системы спортсменов в учебно-тренировочном процессе / Н. В. Мосина // Международный журнал экспериментального образования. – 2018. – № 6. – С. 16–21.
16. Нопин С. В. Теппинг-тест как показатель эффективности, силы и выносливости нервной системы у спортсменов различных видов спорта / С. В. Нопин, Ю. В. Корягина, Ю. В. Кушнарева // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т.6, №2(19).
17. Чистоедова Ю. А. Оценка и сравнение психофизиологических характеристик спортсменов различных видов спорта / Ю. А. Чистоедова, А. А. Кылосов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 2. – С. 575–581.

18. Ильина М. Н. Об одном из условий диагностирования силы нервной системы по возбуждению с помощью теппинг-теста / М. Н. Ильина, Е. П. Ильин // Психофизиологические особенности спортивной деятельности: сборник научных работ – Л., 1975. – С. 183–186.
19. Вайнштейн Л. М. Психология в пулевой стрельбе / Л. М. Вайнштейн. – М.: ДОСААФ. – 1981. – 142 с.
20. Гришкевич М. С. Изучение концентрации внимания у студентов-спортсменов разного уровня спортивного мастерства / М. С. Гришкевич, И. Ф. Харина // Дневник науки. – 2018. – № 11(23). – С. 9.

INDICATORS OF THE STRENGTH OF NERVOUS PROCESSES IN TEENAGE HOCKEY PLAYERS, DEPENDING ON THE PLAYING ROLE

Prima O. S., Golovin M. S., Subotyalov M. A.

*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia
E-mail: nikulina_olga151@mail.ru*

Hockey, which belongs to playing sports, places high demands on the individual typological and psychophysiological characteristics of athletes, since during the game athletes have a high level of psycho-emotional stress.

Maintaining the health of hockey players, as one of the main tasks of a coach, is performed when the psychophysiological characteristics of the athlete's personality are taken into account, in one way or another corresponding to the playing role.

The study of the individual typological features of the nervous system and the stability of attention of teenage hockey players of different sports roles was carried out.

The study involved 45 male hockey players aged 13–14 years. The athletes were conditionally divided into two groups according to their playing roles: defenders and forwards. At the time of the study, the athletes were active players of the Novosibirsk Ligry and SKA teams. The study and assessment of the strength of the nervous system was carried out using the tapping test technique in the hardware and software complex NS psychotest, Neurosoft, Russia. The studied indicators: the maximum and minimum values demonstrated in a 5-second interval; the dynamics of indicators in 5-second intervals.

The study of the attention stability of hockey players was conducted using the "Schulte Table", one of the most common attention testing tools, which was developed by the German psychiatrist and psychotherapist Walter Schulte. The analysis of the results showed high workability and high adaptation to the load of the attackers. When studying the strength coefficient of the nervous system of teenage hockey players, depending on the playing role, it was found that this value in hockey forwards turned out to be statistically significantly higher in comparison with defenders, respectively, the nervous system of attackers is stronger than that of defenders. Such a nervous system allows attackers to cope with competitive and training stresses better than defenders.

The obtained average values of the tapping test in adolescent hockey players of both groups indicate the type of medium-weak nervous system.

An analysis of the results of assessing the type of nervous system separately in the attackers showed that 75 % of the surveyed have a medium-weak type of nervous system, 25 % have a weak type. There was no medium or strong type of nervous system in this group of athletes. A study of the results of assessing the type of nervous system in defenders showed that 68 % have a medium-weak type of nervous system, 25 % have a weak type and 6 % have a medium type. A strong type of nervous system was also not detected in representatives of this group of athletes.

The results of the diagnosis using the "Schulte Table" method to determine the stability of attention of teenage hockey players showed that the time of the exercise for defenders is significantly less than the time of the attackers. Hockey defenders are able to control their thoughts better, are more determined and focused on the game compared to forwards.

The use of the data obtained will improve the effectiveness of sports orientation and sports selection, as well as more accurately adjust the playing role in hockey among adolescent athletes.

Keywords: type of nervous system, tapping test, hockey, attention span, athletes' health.

References

1. Drozdovsky A. K. A method for assessing the natural predisposition of individuals to certain specializations in sports and professions, *Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational psychology and labor psychology*, **6**, **1**, 140 (2021).
2. Ilyin E. P. *Psychomotor organization of a person*, 384 p. (M.: 2003).
3. Nopin S. V., Koryagina Yu. V. *Physiological and biomechanical control of the functional state of the motor system of athletes*, 176 p. (Essentuki: FSBI SKFNKTs FMBA of Russia, 2021).
4. Ilyin E. P. *Psychophysiology of human states*, 412 p. (SPb.: Peter., 2005).
5. *Methodology for express diagnostics of the properties of the nervous system based on psychomotor indicators E.P. Ilyina (Tapping test)*, Practical psychodiagnosics. Methods and tests. Tutorial. Ed.-comp. D.Ya. Raigorodsky, 528 (Samara, 2001).
6. *Methodology "Schulte Tables"*, *Almanac of psychological tests*, 112 (M., 1995).
7. Kolomiets O. I., Petrushkina N. P., Bykov E. V., Yakubovskaya I. A. Features of the functional state of the central nervous system in athletes with different orientations of the training process, *Pedagogical-psychological and medical-biological problems of physical culture and sports*, **12**, **2**, 217 (2017).
8. Pavlenkovich S., Bepalova T., Tokaeva L., Smyshlyayeva I. Typological features of temperament and properties of the nervous system of students of team and individual sports in conditions of competitive activity, *Physical culture, sport – science and practice*, **2**, 110 (2018).
9. Chistoedova Yu. A., Kylosov A. A. Assessment of the characteristics of the nervous system of young cross-country skiers, *Scientific and methodological electronic journal "Concept"*, **39**, 1861 (2017).
10. Ryabtsev S. M., Korepanov A. L., Kazharskaya O. N., Kandrashikhin O. A., Zhurova T. A. Attentional characteristics of high-class athletes involved in bullet and skeet shooting, *World of pedagogy and psychology: scientific and practical journal*, **7(60)**, 27 (2021).
11. Pavlova A. D., Protodyakonova M. N., Gorokhova G. G. Identification of concentration of attention in novice shooters, *Theory and practice of physical culture*, **9**, 82 (2020).
12. Galimova A. S., Danilov E. V. Assessment of the psychophysiological status of young tennis players taking into account the properties of the nervous system, *Scientific review. Biological Sciences*, **1**, 43 (2014).

13. Gorskaya I. Yu., Belyakova A. S., Karpeev A. G. Typological features of the nervous system of highly qualified female athletes in various athletics disciplines, *Modern issues of biomedicine*, **6, 1**, 286 (2022).
14. Dorofeev V. V., Bazhina I. A., Safonov V. V. Using the Tapping test technique to determine the type of motor activity of students during physical education classes, *Scientific Notes of the University P. F. Lesgafit*, **11(213)**, 167 (2022).
15. Mosina N. V. Characteristics and consideration of individual typological characteristics, properties of the nervous system of athletes in the educational and training process, *International Journal of Experimental Education*, **6**, 16 (2018).
16. Nopin S. V., Koryagina Yu. V., Kushnareva Yu. V. Tapping test as an indicator of the effectiveness, strength and endurance of the nervous system in athletes of various sports, *Modern issues of biomedicine*, **6, 2(19)** (2022).
17. Chistoedova Yu. A., Kylosov A. A. Assessment and comparison of psychophysiological characteristics of athletes of various sports, *Scientific and methodological electronic journal "Concept"*, **2**, 575 (2017).
18. Ilyina M. N., Ilyin E. P. On one of the conditions for diagnosing the strength of the nervous system by excitation using the tapping test, *Psychophysiological features of sports activity: collection of scientific works*, 183 (L., 1975).
19. Vainshtein L.M. Psychology in bullet shooting, 142 p. (M.: DOSAAF, 1981).
20. Grishkevich M. S., Kharina I. F. Study of concentration of attention in student-athletes of different levels of sports skills, *Diary of Science*, **11(23)**, 9 (2018).

УДК 581.8: 582.285.22

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-207-222

**ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И АНАТОМИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ *CAREX CARYOPHYLLEA* LATOURR. (CYPERACEAE) ПРИ
ПОРАЖЕНИИ ГОЛОВНЕВЫМ ГРИБОМ *ANTHRACOIDEA
CARYOPHYLLEAE* KUKKONEN В ГОРНОМ КРЫМУ**

Присянникова И. Б.

*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»,
Республика Крым, Симферополь, Россия
E-mail: aphanisomenon@mail.ru*

В результате исследований, проведенных на пробной площади (1215 м²), расположенной на территории ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный» (Республика Крым, Россия, общая площадь – 965 га), получены новые данные о феноспектрах питающего растения *Carex caryophylla* Latourr. (Cyperaceae) и головневого гриба *Anthracoidea caryophylleae* Kukkonen. Исследовано анатомическое строение здоровых и пораженных головневым грибом растений *C. caryophylla*. Исходя из совокупности признаков анатомического строения вегетативных органов, питающее растение *C. caryophylla* можно отнести к экологической группе ксеромезофиты. Проведенный анализ анатомического строения вегетативных органов зараженного растения *C. caryophylla* не выявил наличие диффузного мицелия головневого гриба *A. caryophylleae*; заражение растений происходит ежегодно и носит локальный характер.

Ключевые слова: фенологический спектр, анатомическое строение, головневый гриб *Anthracoidea caryophylleae*, питающее растение *Carex caryophylla*.

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]. Сведения о видовом составе головневых грибов Крыма постоянно пополняются новыми данными [3]. 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 и особенностей анатомического строения растений под влиянием инфекции является актуальной научной проблемой. По данным литературы [4] исследования

взаимосвязей головневого гриба *Anthracoidea caryophylleae* Kukkonen и питающего растения *Carex caryophyllea* Latourg. (Сурегасеае) в Горном Крыму ранее не проводились, в связи с чем нами впервые был составлен фенологический спектр растения-хозяина и гриба-паразита, описана его органотропная локализация и влияние на анатомическое строение питающего растения *C. caryophyllea*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Микологические исследования проводились в течение вегетационного сезона 2022 года в окрестностях пгт. Научный Бахчисарайского района Республики Крым на одном из отрогов горы Сель-Бухра (658,2 м н.у.м.) на одной однородной пробной площади размером 15,0 x 81,0 м (общей площадью 1215 м², крутизна склона 20 °). Пробная площадь входит в состав ландшафтно-рекреационного парка регионального значения «Научный», объекта ООПТ (Республика Крым, Россия, площадь – 965 га) [5]. Категория МСОП парка — V (Охраняемый ландшафт).

Для пробной площади характерно мозаичное сочетание участка степной шибляковой растительности – сообщества, слагаемого гемиксерофильными листопадными кустарниками и низкорослыми кустообразными деревьями, а также «дубков» – участков дубового и дубового-грабового леса, с преобладанием низкорослого дуба пушистого (*Quercus pubescens* Willd.). Травостой пробной площади преимущественно слагают: *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Potentilla recta* L., *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Carex caryophyllea* на полянах образует довольно крупные многочисленные куртины (рис. 1). Общее проективное покрытие участка составляет 90 %.

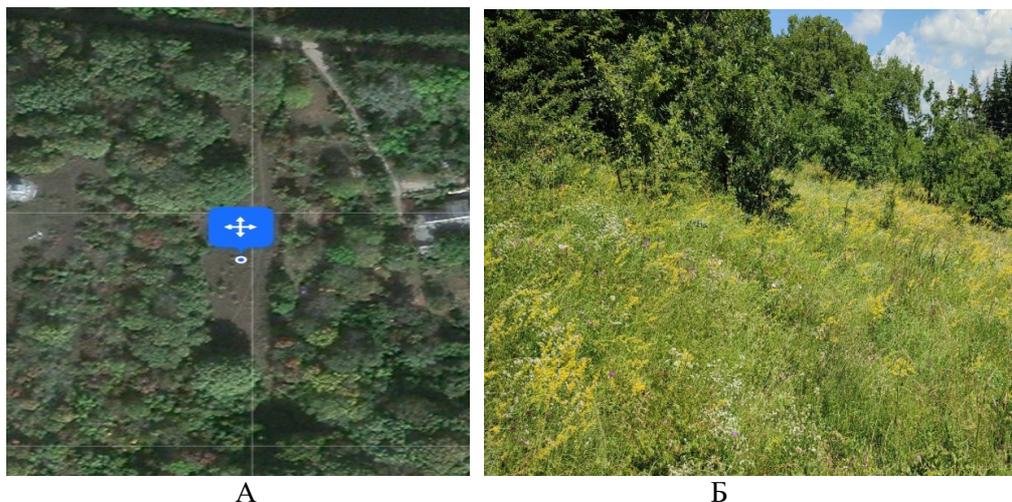


Рис. 1. Локализация пробной площади: А – картографическое обозначение; Б – фрагмент пробной площади (фото автора).

Фиксация материала. Фенологические спектры составлены по методике И. Н. Бейдеман [6]. Для анатомических исследований и выявления гиф мицелия и

спорношения гриба в растительных тканях использовали фиксатор следующего состава: этиловый спирт, 50 % - 90 мл; ледяная уксусная кислота - 5 мл; формалин - 5 мл [7]. Полученные анатомические срезы окрашивали флюороглюцином с соляной кислотой. Фотофиксацию анатомических срезов вегетативных органов *C. caryophyllea* проводили с помощью фотонасадки, установленной на микроскоп медицинский прямой CX31RTSF, Olympus (Филиппины).

Здоровые и больные растения или их части гербаризировали с составлением стандартных этикеток [8]. Идентификацию образцов головневого гриба *A. caryophylleae* на листьях растения-хозяина проводили стандартным методом с помощью определителя [1], а название растения-хозяина представлено по источнику [9]. Таксономический статус вида гриба приведен согласно интерактивной базе Index Fungorum [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Осока гвоздичная (*C. caryophyllea*) – евро-сибирский вид, распространенный в Центральной и Западной Европе. В России встречается в основном в европейской части в Крыму, а также на Кавказе, на юге Западной и Восточной Сибири [11]. *C. caryophyllea* – многолетняя поликарпическая трава, у которой корневище остается жизнеспособным на протяжении всего онтогенеза особи и ежегодно весной формирует новые побеги [11].

На пробной площади в течение вегетационного периода 2022 года с периодичностью, необходимой для проведения фенологических наблюдений, нами были проведены выездные исследования, в ходе которых нами были проанализированы и описаны основные фенологические фазы *C. caryophyllea*.

Фенологический спектр растения *C. caryophyllea*, представленный в таблице 1, отражает основные фазы жизненного цикла растения на протяжении вегетационного сезона.

Анализ фенологического спектра *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) и переход к фазе покоя наблюдается в первой-второй декадах июля (табл. 1).

Сопоставление фенологического спектра *C. caryophyllea* с фазой закладки спорношения устоспор головневым грибом *A. caryophyllea*, показало, что закладка 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 (рис. 2). Это явление наблюдается в период с первой декады мая по первую декаду июля (табл. 2).

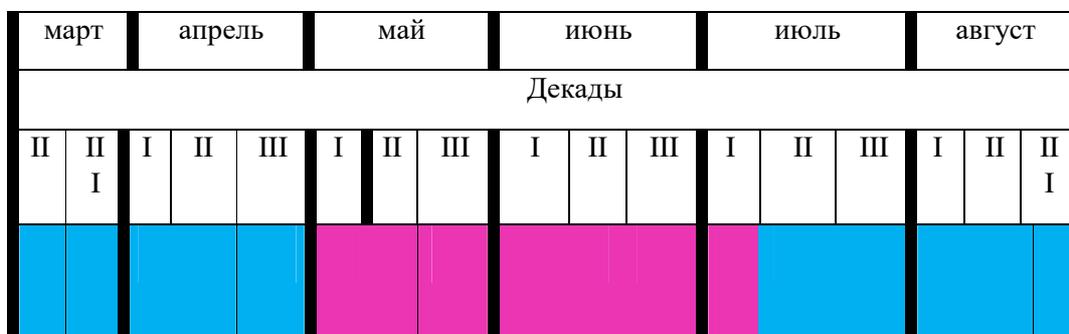
Таблица 1
Фенологический спектр *Carex caryophylla* Latourr. (Cyperaceae) (2022 г.)



Условные обозначения:

- вегетация;
- бутонизация и начало цветения;
- массовое цветение;
- массовое созревание плодов;
- период покоя.

Таблица 2
Фенологический спектр головневого гриба *Anthracoidea caryophylla* Kukkonen (2022 г.)



Условные обозначения:

- фаза покоя;
- фаза инфицирования растений, закладки и формирования устоспор;
- фаза покоя.

Со второй декады июля наблюдалось массовое осыпание устоспор *A. caryophyllea*, предназначенных для перезимовки головневого гриба, а с первой декады августа отмечен переход питающих растений к фазе покоя.



Рис. 2. Внешний вид здорового (1) и пораженного (2) соцветия Осоки гвоздичной (*Carex caryophyllea*) в стадии формирования плодов; 3 – устоспоры головневого гриба *Anthracoidea caryophylleae*.

Для выяснения особенностей локализации (локальный или диффузный мицелий) и возможного распространения в тканях питающего растения мицелия головневого гриба *A. caryophylleae* мы провели сравнительное анатомическое исследование вегетативных органов (корень, стебель, лист) здоровых и зараженных растений *C. caryophyllea*.

Известно, что корневая система у представителей рода Осока (*Carex* L.) мочковатого типа. Первичный корень отмирает через 2–3 месяца после прорастания семян и заменяется системой придаточных корней, образующихся в зоне кущения побегов [11]. Для них характерно первичное анатомическое строение до конца их жизни, так как вторичные боковые меристемы – камбий и феллоген у них не образуются. Основные черты строения корня у осок неизменны, но существуют анатомические различия, обусловленные их местообитанием. И. Л. Лотова [12] выделяет в строении корня три основных типа ткани: покровная ткань, основная ткань и система проводящих тканей.

Анатомическое строение корня. Анатомические срезы корня *C. caryophyllea*, произведенные в конце фазы цветения растений-начала плодоношения (первая декада июля), показали, что на поперечном срезе корня осоки четко различимы две основные зоны: первичная кора и центральный цилиндр корня. Наружный слой корня – ризодерма или эпиблема состоит из слоя тонких клеток с неутолщенными стенками, выполняет функцию адсорбции и несет корневые волоски (рис. 3). Корневые волоски или типичные корневые волоски (typical root hairs, TRH)

представляют собой трубчатые выросты ризодермальных клеток и увеличивают поглощающую поверхность корня [13, 14]. Выделяют два типа корневых волосков: фестукоидный и паникоидный. Для фестукоидного типа характерно наличие чередующихся коротких и длинных клеток, которые образуются под острым углом относительно поверхности ризодермы [15]. У *Carex caryophylla* мы наблюдаем формирование корневых волосков паникоидного типа: корневые волоски примерно одинаковой длины отходят перпендикулярно по отношению поверхности ризодермы (рис. 3).

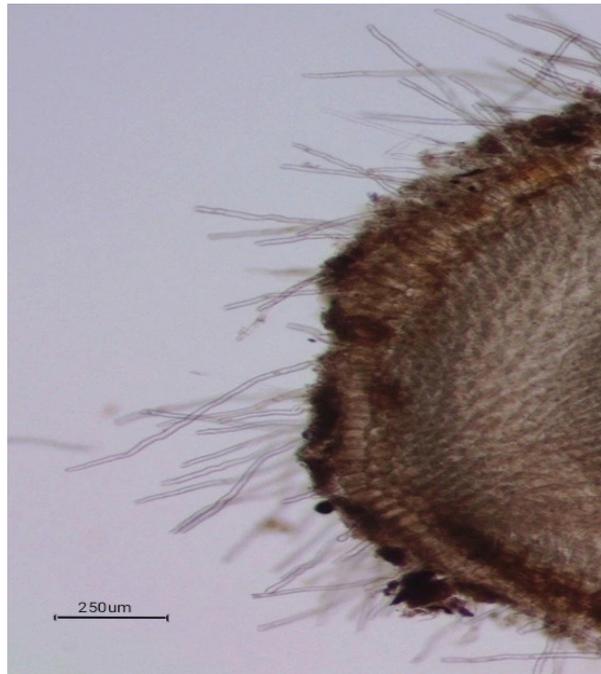


Рис. 3. Корневые волоски паникоидного типа у *Carex caryophylla*.

Основная ткань корня представлена первичной корой. Известно, что в корне растений первичная кора дифференцирована на экзо-, мезо- и эндодерму [12]. Под покровной тканью – ризодермой располагается первичная кора, в которую через корневые волоски поступает вода с растворенными минеральными веществами, а далее она поступает в центральный цилиндр. У *C. caryophylla* из клеток, подстилающих ризодерму, развивается многослойная экзодерма, состоящая из 4–5 слоев мелких, плотно расположенных и опробковевших клеток, выполняющих функцию довольно прочной покровной ткани (рис. 4).

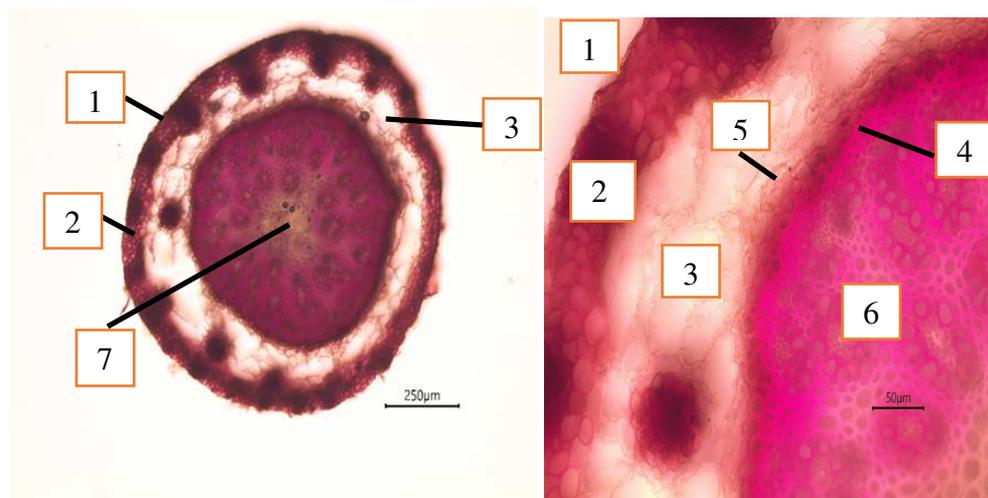


Рис. 4. Анатомическое строение корня здорового растения *Carex caryophyllea*: 1 – ризодерма; 2 – многослойная экзодерма; 3 – мезодерма (аэренхима); 4 – эндодерма с поясками Каспари; 5 – перицикл; 6 – центральный цилиндр с флоэмой и ксилемой; 7 – сердцевина.

Известно, что во время засушливого периода экзодерма часто становится внешним защитным слоем в корне за счет отмирания ризодермы [16, 17]. Формирование аэренхимы, которую мы наблюдаем у осоки гвоздичной, это – частный случай дифференциации мезодермы (паренхимы) и она может иметь как лизигенное [18], так и схизогенное происхождение [19]. У *Carex caryophyllea* за экзодермой следуют рыхло расположенные с большим количеством межклеточных клетки мезодермы, выполняющие функцию аэренхимы (рис. 4). Вообще наличие аэренхимы в корнях связывают с адаптацией растений к возможным условиям затопления. Далее следует четко выраженный, самый внутренний слой коры, который прилегает к центральному цилиндру – эндодерма, клетки которой имеют эллиптическую форму и утолщения в виде поясков Каспари, обладающих утолщенными радиальными и тангентальными стенками за счет отложения лигнина и суберина.

Напротив слоя эндодермы, содержащего пропускные клетки, расположены сосуды протоксилемы. Известно, что функционально эндодерма носит барьерный характер для регуляции потока ионов по апопласту в двух противоположных направлениях: от коры к стеле и в обратном направлении – от стелы корня к коре [20, 21]. Далее за эндодермой следует однослойный перицикл. В центральном цилиндре проводящие ткани у *C. caryophyllea* образуют радиальный проводящий пучок. Для питающего растения характерна полиархная стела округлой формы, с большим количеством тяжей флоэмы и ксилемы. При этом число лучей ксилемы в стеле составляет не менее 7–8 лучей, а в самом центре корня располагается паренхима сердцевинки (рис. 4).

Для многих представителей головневых грибов свойственно развитие диффузного мицелия, пронизывающего своими гифами ткань всего растения. Мицелий часто бывает многолетним, локализуясь в корневой системе и уже весной ежегодно отрастающие побеги проявляют признаки поражения грибом-паразитом. Проведенный сравнительный анализ анатомического строения корня здорового и зараженного головневым грибом *Anthracoidea caryophylleae* растения-хозяина *C. caryophyllea* показал, что диффузный мицелий не был обнаружен (рис. 5).

Как видно, из данных рисунка 5, анатомическое строение корня зараженного растения имело сходный план строения в сравнении со здоровым растением осоки гвоздичной.



Рис. 5. Анатомическое строение корня растения *Carex caryophyllea*, зараженного головневым грибом *Anthracoidea caryophylleae*: 1 – ризодерма; 2 – многослойная экзодерма; 3 – мезодерма (азренхима); 4 – эндодерма с поясками Каспари; 5 – перицикл; 6 – центральный цилиндр с тяжами флоэмы и ксилемы; 7 – паренхима сердцевины.

Анатомическое строение стебля *C. caryophyllea*. Стебель, имеющий в поперечной разрезе треугольную форму, снаружи покрыт эпидермой, состоящей из довольно мелких клеток с хорошо развитой кутикулой. Наружные тангентальные стенки клеток эпидермы значительно утолщены (рис. 6). За эпидермой следует первичная кора, состоящая из клеток основной паренхимы, имеющей типичное строение. К периферии стебля клетки паренхимы мельче, а к центру стебля крупнее. В первичной коре располагаются закрытые, коллатеральные проводящие пучки. Крупные проводящие пучки чередуются с более мелкими.

Следует отметить, что склеренхима в проводящих пучках хорошо развита и формирует мощную склеренхимную обкладку вокруг проводящих элементов, особенно она развита над флоэмой. В проводящем пучке осоки ксилема

представлена несколькими сосудами: два крупных, пористых и несколько мелких – кольчатых сосудов. Между проводящими пучками располагается аэренхима, имеющая крупные межклетники и воздухоносные ходы с хлорофиллоносной тканью (рис. 6).

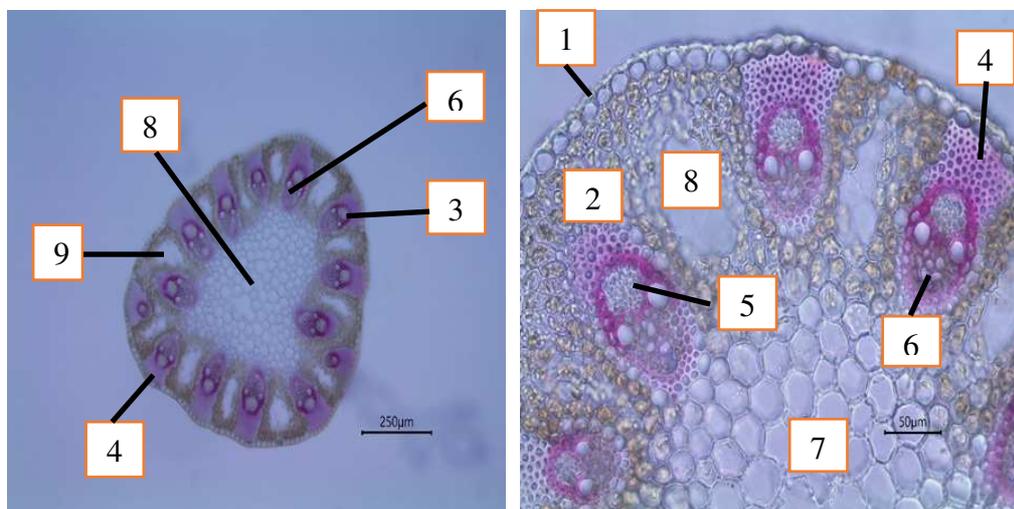


Рис. 6. Анатомическое строение стебля здорового растения *Carex caryophyllaea*: 1 – эпидерма; 2 – хлоренхима; 3 – проводящие пучки; 4 – склеренхима; 5 – флоэма; 6 – ксилема; 7 – паренхима сердцевины; 8 – аэренхима.

Над участками хлоренхимы в эпидерме располагаются устьица. Благодаря такому анатомическому строению у осоки гвоздичной проводящие пучки как бы «подвешены» на мощных субэпидермальных тяжах, состоящих из склеренхимы. Наличие аэренхимы также свидетельствует о способности растения переносить затопление. Сердцевина при этом в стебле полностью сохраняется (рис. 6). Анализ анатомического строения стебля больного растения *C. caryophyllaea*, проведенный нами, не выявил локализации диффузного мицелия головневого гриба *A. caryophylleae* в стебле питающего растения (рис. 7).

Анатомическое строение листа. Листорасположение у осок очередное, трехрядное. Листовая пластинка у *C. caryophyllaea* имеет линейную форму, параллельное жилкование, причем все жилки идут вдоль листовой пластинки, формируя многочисленные анастомозы. Устьичный аппарат у осоки гвоздичной – парацитного типа. Лист является односкладчатым. Он покрыт клетками эпидермы, причем на адаксиальной стороне клетки эпидермы в 2–3 раза крупнее аналогичных клеток на абаксиальной стороне. Клетки эпидермы листа крупноклетные, с адаксиальной стороны имеют утолщенные наружные стенки с хорошо развитой кутикулой (рис. 8).

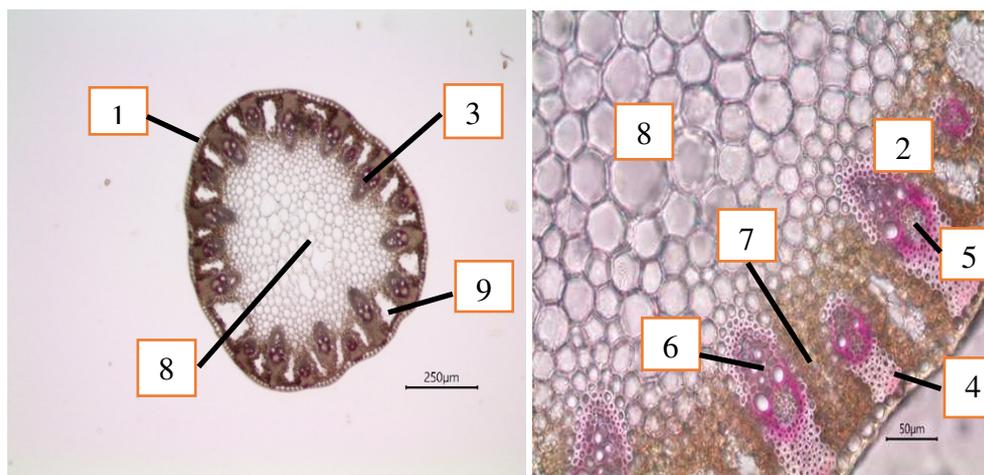


Рис. 7. Анатомическое строение стебля *Carex caryophyllea*, зараженного головневым грибом *Anthracoidea caryophylleae*: 1 – эпидерма; 2 – хлоренхима; 3 – проводящие пучки; 4 – склеренхима; 5 – флоэма; 6 – ксилема; 7 – хлоренхима; 8 – сердцевина; 9 – аэренхима.

Кроме того, на адаксиальной стороне листа *C. caryophyllea* присутствуют буллиформные (пузыревидные) клетки – это большие эпидермальные клетки, имеющие пузырчатую форму и предназначенные для скручивания листьев для минимизации потери воды при неблагоприятных условиях или в условиях водного стресса растений. Считается, что они играют роль в разворачивании растущих листьев, а также в скручивании и раскручивании взрослых листьев в ответ на чередование сухих и влажных периодов [22]. Данный тип клеток характерен для некоторых травянистых однодольных растений (например, у представителей семейств Poaceae и Cyperaceae).

Ранее в литературе эти клетки называли моторными, или двигательными, считая, что они ответственны за свертывание листовых пластинок в трубочку, происходящее в сухую погоду. Длительный эффект объясняли изменением тургора и объема пузыревидных клеток: при их уменьшении листья свертываются, а при увеличении – расправляются. Современные представления наибольшую роль в свертывании листьев отводят субэпидермальным тяжам склеренхимы, которые подсыхают и сокращаются в сухую погоду, а пузыревидные клетки лишь облегчают и регулируют этот процесс [12]. Действительно, представления о роли буллиформных клеток в связи с накоплением научных фактов со временем претерпевают изменения.

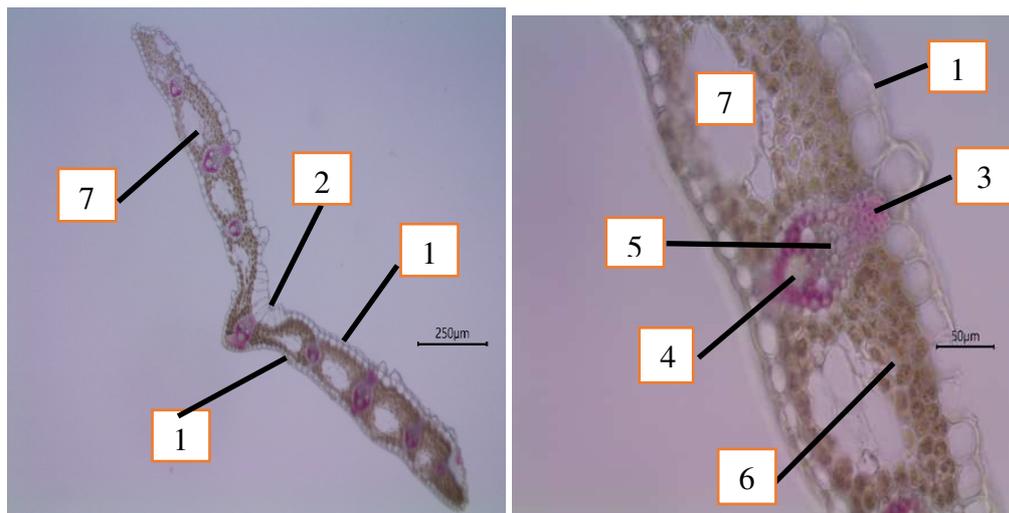


Рис. 8. Анатомическое строение здорового листа *Carex caryophyllaea*: 1 – эпидерма; 2 – буллиформные (пузыревидные) клетки; 3 – склеренхимная обкладка проводящего пучка; 4 – флоэма; 5 – ксилема; 6 – мезофилл; 7 – аэренхима.

Мезофилл листа *C. caryophyllaea* представлен однородной тканью, состоящей из нескольких рядов клеток, содержащих крупные хлоропласты. Между клетками мезофилла листа хорошо развиты межклетники и аэренхима. В листе имеется главная жилка и ряд боковых жилок. Центральная жилка представлена крупным закрытым коллатеральным проводящим пучком, окруженным однослойной паренхимной обкладкой и над флоэмой, присутствует также хорошо развитая склеренхимная обкладка проводящего пучка (рис. 8) Мезофилл листа у осоки однородный (диффузный), фотосинтезирующая паренхима расположена с верхней стороны листа в виде 3–5 слоев округлой формы клеток, а с нижней стороны - в виде 1–2 слоев клеток. В анатомическом отношении такой вид строения листа соответствует изолатеральному типу (рис. 8).

Анализ анатомического строения листа больного растения *C. caryophyllaea*, проведенный нами, не выявил локализации диффузного мицелия и спороншения головневого гриба *A. caryophylleae* (рис. 9), следовательно развивающаяся инфекция развивается заново ежегодно и носит локальный характер и затрагивая только соцветия осоки.

В целом, по совокупности анатомических признаков вегетативных органов, данный вид можно отнести к экологической группе ксеромезофиты, что соответствует типу экоморфы, характерной для данного вида растения и отмеченной в монографии В. Н. Голубева [23] «Биологическая флора Крыма».

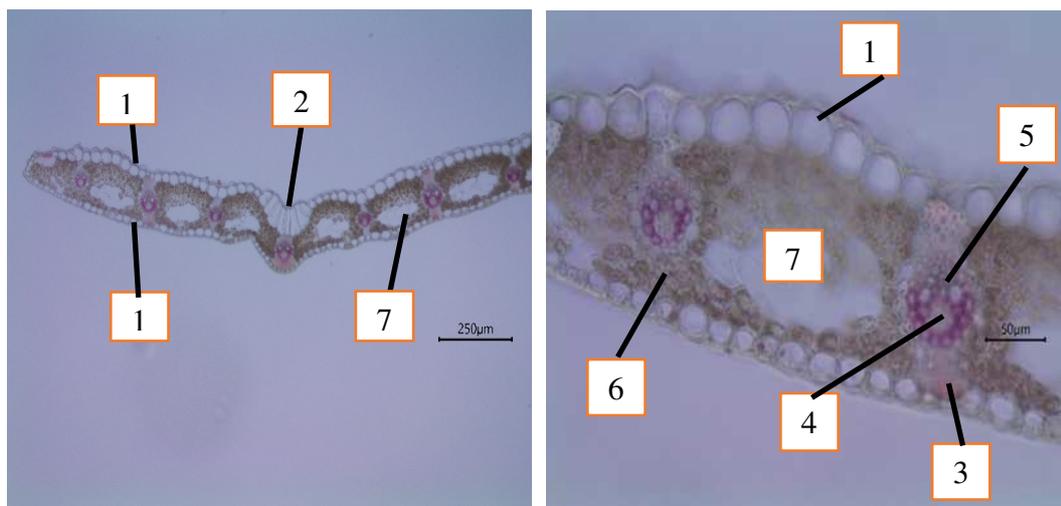


Рис. 9. Анатомическое строения листа *Carex caryophyllea*, зараженного головневым грибом *Anthracoidea caryophylleae*: 1 – эпидерма; 2 – буллиформные клетки; 3 – склеренхимная обкладка проводящего пучка; 4 – флоэма; 5 – ксилема; 6 – мезофилл; 7 – аэренхима.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сопоставление фенологического спектра *C. caryophyllea* с фазой формирования споронотения головневым грибом *A. caryophylleae*, показало, что закладка устоспор и их распространение происходит в фазу массового цветения и плодоношения питающего растения (с первой декады мая по первую декаду июля).
2. Анатомическое исследование вегетативных органов *C. caryophyllea*, показало, что корень формирует корневые волоски паникоидного типа, под покровной тканью – ризодермой закладывается первичная кора с хорошо развитой аэренхимой. Для корня характерна полиархная стела с большим количеством тяжёлой флоэмы и ксилемы (при этом число лучей ксилемы в стеле составляет не менее 7–8).
3. Выявлено, что анатомическое строение стебля *C. caryophyllea* имеет типичный пучковый тип строения, характерный для многолетних травянистых растений из семейства Сурегасеae. Наличие аэренхимы в стебле и корне свидетельствует о способности растения переносить затопление. Лист *C. caryophyllea* при нехватке влаги способен складываться благодаря наличию на адаксиальной стороне буллиформных клеток и в анатомическом отношении его строение соответствует изолатеральному типу. По совокупности анатомических признаков вегетативных органов *C. caryophyllea* можно отнести к экологической группе ксеромезофиты, что подтверждает тип экоморфы [20].
4. Проведенный анализ анатомического строения вегетативных органов зараженного растения *C. caryophyllea* не выявил диффузного мицелия

головневого гриба *A. caryophylleae*, при этом заражение растений развивается заново ежегодно и носит локальный характер, затрагивая лишь соцветия.

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. – С. 175–187.
3. Просяникова И. Б. Влияние головневого гриба *Sporisorium andropogonis* (Opiz) Vánky. на состояние ценопопуляции *Bothriochloa ischaetum* (L.) Keng. (Poaceae) в Горном Крыму / И. Б. Просяникова, А. А. Гусева, В. И. Гришкoveц // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия. – 2017. – Том 3 (69), № 4. – С. 187–195.
4. Дудка, И. О. Грибы природных зон Крыма / И. О. Дудка, В. П. Гелюта, Ю. Я. Тихоненко [и др.]. – К. : Фитосоцицентр, 2004. – 452 с.
5. ООПТ России [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://oopt.aari.ru/oopt/Научный> (дата обращения: 15.02.2024).
6. Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И. Н. Бейдеман. – Новосибирск : Наука, 1974. – 155 с.
7. Барыкина Р. П., Справочник по ботанической микротехнике. / Р. П. Барыкина, Т. Д. Веселова, А. Г. Девятых и др. [и др.] Основы и методы. – М. : изд-во МГУ, 2004. – 312 с.
8. Благовещенская Е. Ю. Фитопатогенные микромицеты: Учебный определитель / Е. Ю. Благовещенская. – М. : ЛЕНАНД, 2015. – 240 с.
9. Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.plantarium.ru> (дата обращения 12.02.2024).
10. Index Fungorum [электронный ресурс]. 2003. Режим доступа: <http://www.indexfungorum.org> [веб-сайт, версия 1.00] (дата обращения: 12.02.2024).
11. Егорова Т. В. Осоки (*Carex* L.) России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / Под ред. А. Л. Тахтаджяна. / Егорова Т. В. – СПб. : С.-Петерб. гос. хим.-фарм. акад. ; Сент-Луис : Миссур. ботан. сад, 1999. – 772 с.
12. Лотова Л. И. Ботаника. Морфология и анатомия высших растений: Учебник. Изд-е 3-е, испр. / Лотова Л. И. – М. : КомКнига, 2007. – 512 с.
13. Miller R. M. Mycorrhizal status of genus *Carex* (Cyperaceae) / Miller R. M., Smith C. I., Jastrow J. D., Bever J. D. // *Am J Bot* – 1999. – V. 86. – P. 547–553.
14. Ghosh A. Occurrence of mycorrhizae in some species of *Carex* (Cyperaceae) of the Darjeeling Himalayas, India / Ghosh A., Bhujel S., Maiti G. G. // *International Journal of Life Science and Pharma Research*. – 2014. – V. 4, № 1. – P. 1–10.
15. Кардашевская В. Е. Злаки: Учебное пособие. / Кардашевская В. Е. – М. : Изд-во Якутского ун-та, 2003. – 180 с.
16. Stasovski E. Effects of drought and subsequent rehydration on the structure, vitality, and permeability of *Allium cepa* adventitious roots / Stasovski E., Peterson C. A. // *Canadian journal of Botany*. – 1993. – V. 71, № 5. – P. 700–707.
17. Enstone D. E. Root endodermis and exodermis: structure, function, and responses to the environment / Enstone D. E., Peterson, C. A., Ma F. // *Journal of Plant Growth Regulation*. – 2002. – V. 21, № 4. – P. 335–351.
18. Visser E. J. W. Flooding tolerance of *Carex* species in relation to field distribution and aerenchyma formation / Visser E. J. W., Bogemann G. M., Van De Steeg H. M., Pierik R., Blom C. W. P. M. // *New Phytologist*. – 2000. – V. 148, № 1. – P. 93–103.
19. Таршис Л. Г. Анатомия подземных органов высших сосудистых растений. / Таршис Л. Г. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 221 с.
20. Singh C. The radial and longitudinal path of ion movement in roots / Singh C., Jacobson L. // *Physiologia Plantarum*. – 1977. – V. 41, № 1. – P. 59–64.

21. Bücking H. The fungal sheath of ectomycorrhizal pine roots: an apoplastic barrier for the entry of calcium, magnesium, and potassium into the root cortex? / Bücking H. et al. // Journal of Experimental Botany. – 2002. – V. 53, №. 374. – P. 1659–1669.
22. Arber A. The Gramineae: A Study of Cereal, Bamboo and Grass / Arber A. // Cambridge University Press, " Botany and Gardening – Life Sciences ". – 2010. – 506 p. – P. 300–303.
23. Голубев В. Н. Биологическая флора Крыма / В. Н. Голубев. – Ялта, НБС-НИЦ, 1996. – 126 с.

PHENOLOGICAL PARAMETERS AND ANATOMICAL FEATURES OF *CAREX CARYOPHYLLEA* LATOURR. (CYPERACEAE) WHEN AFFECTED BY THE SMUT FUNGUS *ANTHRACOIDEA CARYOPHYLLEAE* KUKKONEN IN THE MOUNTAINOUS CRIMEA

Prosiannikova I. B.

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

Mycological studies were conducted during the 2022 growing season in the vicinity of the village. «Nauchny» research of the Bakhchisarai district of the Republic of Crimea on one of the spurs of the Sel-Bukhra mountain (658.2 m above sea level) on one homogeneous test area measuring 15.0 x 81.0 m (total area of 1215 m², slope steepness 20 °). The trial area is part of the landscape and recreational park of regional significance «Nauchny», a protected area facility (Republic of Crimea, Russia, area – 965 hectares) [5]. The IUCN category of the park is V (Protected Landscape).

The total projected coverage of the site is 90 %. The natural vegetation of the studied area is represented by oak-hornbeam woodlands, where the feeding plant *Carex caryophylla* Latourr. forms quite large numerous curtains in the clearings. The phenological spectra were compiled according to the method of Beideman [6]. For anatomical studies and detection of hyphae of mycelium and sporulation of the fungus in plant tissues, a fixative of the following composition was used: ethyl alcohol, 50 % 90 ml; glacial acetic acid 5 ml; formalin 5 ml [7]. The resulting anatomical sections were stained with fluoroglucin with hydrochloric acid. Photofixation of anatomical sections of *C. caryophylla* vegetative organs was performed using a photodetector mounted on a medical direct microscope CX31RTSF, Olympus (Philippines). Healthy and diseased plants or parts of them were herbarized with the preparation of standard labels [8]. Identification of samples of the smut fungus *Anthracoidea caryophylleae* Kukkonen on the leaves of the host plant was carried out using a standard method using a determinant [1], and the name of the host plant is presented from sources [9]. The taxonomic status of the fungi species is given according to the interactive database Index Fungorum [2, 10].

For the first time, new data on the phenospectrums of the feeding plant *C. caryophylla* (Cyperaceae) and the smut fungus *A. caryophylleae* have been obtained. The phenological spectra of *C. caryophylla* and the smut fungus *A. caryophylleae* were obtained for the first time; it was revealed that the laying of the ustospores and their

distribution occurs during the phase of mass flowering and fruiting of the feeding plant (from the first decade of May to the first decade of July). The anatomical structure of healthy and smut-infested plants has been studied. *C. caryophyllea*, which showed that the root forms root hairs of the panicoid type, primary bark with a well-developed aerenchyma is laid under the integumentary tissue – rhizoderm. The root is characterized by a polyarchic stele with a large number of strands of phloem and xylem (while the number of xylem rays in the stele is at least 7–8). It was revealed that the anatomical structure of the stem of *C. caryophyllea* has a typical bundle type of structure characteristic of perennial herbaceous plants from the Cyperaceae family. The presence of aerenchyma in the stem and root indicates the ability of the plant to tolerate flooding. The leaf of the feeding plant *C. caryophyllea*, when there is a lack of moisture, is able to fold due to the presence of bulliform cells on the adaxial side and its type of structure corresponds to the isolateral type. Based on the totality of the anatomical structure of the vegetative organs, *C. caryophyllea* can be attributed to the ecological group of xeromesophytes. The analysis of the anatomical structure of the vegetative organs of the infected *C. caryophyllea* plant did not reveal the presence of diffuse mycelium of the smut fungus *A. caryophylleae*; infection of plants occurs anew annually and is local in nature.

Keywords: phenological spectrum, anatomical structure, smut fungus *Anthracoidea caryophylleae*, host plant *Carex caryophyllea*.

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. Prosyannikova I. B., Guseva A. A., Grishkovets V. I. The influence of the smut fungus *Sporisorium andropogonis* (Opiz) Vanky. on the state of the cenopopulation of *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng. (Poaceae) In the Mountainous Crimea, *Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University Biology. Chemistry*, **3 (69)**, **4**, 187 (2017).
4. 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).
5. *Protected areas of Russia* [electronic resource]. Access mode: <http://oopt.aari.ru/oopt/Nauchny> (reference date: 15.02.2024).
6. Beideman I. N. *Methodology for studying the phenology of plants and plant communities* (Nauka Novosibirsk, 1974).
7. Barykina R. P., Veselova T. D., Devyatov A. G., etc. *Handbook of Botanical microtechnics. Fundamentals and methods* (MSU publishing house, Moscow, 2004.).
8. Blagoveshchenskaya E. Y., *Phytopathogenic micromycetes: educational guide* (Publishing house Lenand, Moscow, 2015).
9. *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: 12.02.2024).
10. *Index Fungorum* [electronic resource]. 2003. Access mode: <http://www.indexfungorum.org> [website, version 1.00] (reference date: 12.02.2024).
11. Egorova T. S. *Sedges (Carex L.) of Russians and neighboring states* (within the former USSR)/edited by A. L. Takhtajan. (St. Petersburg State Chemical Farm. acad.; St. Louis: Missouri. bot. sto, St. Petersburg, 1999).
12. Lotova L. I. Botany. *Morphology and anatomy of higher plants: Textbook*. 3rd edition (KomKniga, Moscow, 2007).

13. Miller R. M., Smith C. I., Jastrow J. D., Bever J. D. *Mycorrhizal status of genus Carex* (Cyperaceae), *Am J Bot*, **86**, 547 (1999).
14. Ghosh A., Bhujel S., Maiti G. G. Occurrence of mycorrhizae in some species of *Carex* (Cyperaceae) of the Darjeeling Himalayas, India, *International Journal of Life Science and Pharma Research*, **4**, **1**, 1 (2014).
15. Kardashevskaya V. E. *Cereals: Textbook*. (Publishing house of the Yakut University, Moskow, 2003).
16. Stasovski E., Peterson C. A. Effects of drought and subsequent rehydration on the structure, vitality, and permeability of *Allium cepa* adventitious roots, *Canadian journal of Botany*, **71**, **5**, 700 (1993).
17. Enstone D. E., Peterson C. A., Ma F. Root endodermis and exodermis: structure, function, and responses to the environment, *Journal of Plant Growth Regulation*, **21**, **4**, 335 (2002).
18. Visser E. J. W., Bogemann G. M., Van De Steeg H. M., Pierik R., Blom C. W. P. M. Flooding tolerance of *Carex* species in relation to field distribution and aerenchyma formation, *New Phytologist*, **148**, **1**, 93 (2000).
19. Tarshis L. G. *Anatomy of the underground organs of higher vascular plants* (Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, 2007).
20. Singh C., Jacobson L. The radial and longitudinal path of ion movement in roots, *Physiologia Plantarum*, **41**, **1**, 59 (1977).
21. Bücking H. et al. The fungal sheath of ectomycorrhizal pine roots: an apoplastic barrier for the entry of calcium, magnesium, and potassium into the root cortex? *Journal of Experimental Botany*, **53**, **374**, 1659 (2002).
22. Arber A. *The Gramineae: A Study of Cereal, Bamboo and Grass*, (Cambridge University Press, "Botany and Gardening – Life Sciences", 2010).
23. Golubev V. N. *Biological flora of Crimea*, (NBS-NNTs, Yalta, 1996).

УДК [159.944+612.172.2]:796.333-055.2

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-223-234

ОЦЕНКА ОБЩЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА РЕГБИСТОК В ПОСТСОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ

Рябцев С. М., Жмурова Т. А.

*Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия
E-mail: smryabtsev@mail.sevsu.ru*

Цель исследования – оценка общей работоспособности и вариабельности сердечного ритма девушек-регбисток в постсоревновательный период. В исследовании принимали участие девушки-регбистки (n=16), имеющие спортивный разряд. Анализ показателей вариабельности сердечного ритма обследуемых выявил изменения значений не характерные «вегетативному портрету» направленности тренировочного процесса. Таким образом, значения показателей временной и спектральной областей вариабельности сердечного ритма, показатели активности вагосимпатического взаимодействия и снижение общей работоспособности обследуемых, обуславливают недостаточность оптимального функционального состояния организма и недостаточную устойчивость к предъявляемой физической нагрузке, что характерно для состояния развития процессов утомления у регбисток в постсоревновательном периоде.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, общая работоспособность, утомление регби, девушки, постсоревновательный период.

ВВЕДЕНИЕ

Регби – контактный вид спорта, требующий проявления основных физических качеств на всех периодах и этапах тренировочного процесса. Как известно, высокие физические, психоэмоциональные нагрузки всех периодов тренировочного процесса обуславливают развитие процессов утомления. Физическое утомление, характеризуется временным снижением работоспособности, что определено нарушением регуляторной функции ЦНС, дискоординацией двигательной и вегетативной функций. Вместе с тем, снижение эффективности волевого контроля за качеством выполнения движений обусловлено развитием процессов сенсорного утомления [1]. Анализ научной литературы определяет утомление как биологически целесообразную реакцию с защитными свойствами истощения функциональных резервов организма и, как подчеркивается авторами, процессы утомления адаптируют организм к нагрузкам более высокой интенсивности [2]. По данным авторов (Кассиль К. Н., 1976; Кассиль Г. Н., 1978; Мищуков М. С., Галимов С. Д., 1980) показатели активности симпато-адреналовой системы, в условиях предъявляемой нагрузки, выступают в роли индикатора, что характеризует текущее психофизическое состояние спортсмена, развитие процессов утомления и адаптационных перестроек в организме.

Проведение настоящих исследований обусловлено возрастающим интересом к занятиям регби среди лиц обоего пола, этим видом спорта регулярно занимаются как дети школьного возраста, так и студенты вузов [3, 4].

На основании вышеизложенного, целью работы является оценка общей работоспособности и вариабельности ритма сердца девушек-регбисток в постсоревновательном периоде тренировочного процесса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 16 студенток-регбисток ($21,1 \pm 0,7$ г.), имеющие I-II спортивный разряды и относящиеся к основной группе здоровья. Исследование проводилось на базе Севастопольского государственного университета, в условиях научной лаборатории психофизиологических и функциональных исследований, отвечающей требованиям безопасности во время выполнения исследовательских работ и действующим СанПиН [5]. Исследования психофизиологического и функционального состояния регбисток проводили в постсоревновательный период тренировочного процесса, в состоянии относительного покоя. Исследования выполнялись с использованием аппаратно-программных комплексов «НС-Психотест» и электрокардиограф «Поли-Спектр-8/ЕХ» (ООО «Нейрософт», Россия) с целью оценки общей работоспособности, зрительно-моторных реакций и функционального состояния сердечно-сосудистой системы, по общепринятым методикам (табл. 1).

Таблица 1

Методики оценки общей работоспособности, зрительно-моторных реакций и вариабельности ритма сердца регбисток в постсоревновательный период

Методика	Характеристика методик	Аппаратно-программный комплекс
Оценка психофизиологического состояния		
Оценка общей работоспособности		
Теппинг-тест	оценка силы нервных процессов, что отражает общую работоспособность человека	Программа «НС-Психотест»
Оценка зрительно- моторных реакций		
Реакция на движущийся объект (РДО)	оценка сбалансированности нервных процессов и работоспособности	Программа «НС-Психотест»
Помехоустойчивость	оценка характеристики внимания, отражающая способность человека сопротивляться воздействию фоновых признаков (помех) при восприятии какого-либо объекта	Программа «НС-Психотест»

Продолжение таблицы 1

Оценка внимания	оценка соотношений нервных процессов, что отражает общую работоспособность человека	Программа «НС-Психотест.NET»
Оценка функционального состояния		
Вариабельность ритма сердца (ВРС)	оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы	Поли-Спектр-8/ЕХ («Нейрософт»)

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивали на основании показателей временной и спектральной областей метода вариабельности ритма сердца [6].

Регистрация ЭКГ проводилась с 9 до 12 часов, после 5 минут отдыха, в положении лежа на спине. В качестве функциональной пробы проводили клиноортостатическую пробу в течение 10 минут.

С помощью пакета стандартных статистических программ Statistica 6.0 выполнялась обработка накопленной базы данных с определением среднего арифметического (M), стандартной ошибки (m).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно, тренировочные занятия регби характеризуются изменчивостью различных по характеру и структуре движений, сложностью индивидуальных и командных действий, непрерывным изменением ситуаций, динамической и статической работой переменной мощности, что обуславливает повышенные нагрузки на высшие отделы головного мозга и сенсорные системы [7].

В настоящих исследованиях анализ результатов, полученных после проведения теппинг-теста, выявил в 100 % случаев график нисходящего типа, что определяет слабый тип нервной системы у всех обследуемых девушек-регбисток в постсоревновательном периоде. Анализ показателей теста «Реакция на движущийся объект», характеризующих уравновешенность нервных процессов, в соответствии со значениями показателей средней скорости реакции (ССР) $21,8 \pm 1,2$ мс, энтропии (Эн) $2,61 \pm 0,09$ у.е., и коэффициента вариативности (КВ) $211,1 \pm 34,2$ % выявил вариант относительного баланса тормозного и возбуждательного процесса в 62,5 % случаев, преобладание возбуждательного или тормозного процессов в 25 % в 12,5 % всех случаев соответственно (рис. 1).

Анализ показателей теста «Помехоустойчивость», характеризующий способность сопротивляться воздействию фоновых признаков (помех) при восприятии какого-либо объекта, выявил соотношение уровня показателей устойчивости и концентрации внимания. Так, низкий уровень устойчивости и концентрации внимания выявлен в 31,3 % и 43,75 % всех случаев соответственно. Средний уровень устойчивости и концентрации внимания выявлен в 43,8 % и 37,5 % всех случаев соответственно. Высокий уровень свойств внимания выявлен по характеристике устойчивости в 25 % и концентрации в 18,8 % всех случаев соответственно (рис. 2).



Рис. 1 Соотношение нервных процессов девушек-регбисток в постсоревновательный периоде.



Рис. 2 Соотношение уровня устойчивости и концентрации внимания девушек-регбисток в постсоревновательном периоде.

Данные теста «Оценка внимания» обследуемых регбисток выявил значения показателей скорости реакций (СР) $299,2 \pm 1,8$ мс, и устойчивости реакции (УР) $1,8 \pm 0,06$ у.е. Значения показателей функционального уровня системы (ФУС) и уровня функциональных возможностей (УФВ) составляли $3,41 \pm 0,09$ у.е. и $3,09 \pm 0,04$ у.е. Анализ показателей теста «Оценка внимания», характеризующих общую работоспособность, обуславливал значительное снижение работоспособности в 18,75 % случаев, в 43,75 % случаев определена нижняя граница оптимальной работоспособности и преобладание тормозных реакций в ЦНС в 37,5 % случаев (рис. 3).

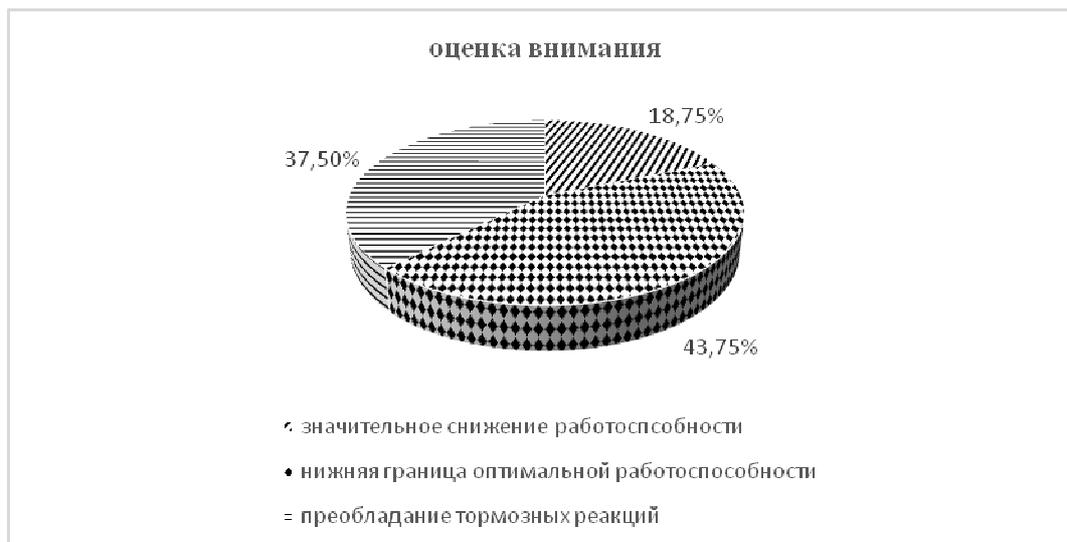


Рис. 3 Соотношение уровня общей работоспособности по тесту «Оценка внимания» девушек-регбисток в постсоревновательном периоде.

По данным Мирзоева О. В. (2000), в условиях физической нагрузки, начальная стадия утомления характеризуется более глубокими сдвигами в показателях кардиореспираторной системы относительно "устойчивого" состояния. Развитие процесса утомления обуславливает дальнейшее снижение биоэлектрической активности коры большого мозга и более выраженную степень напряжения деятельности кардиореспираторной системы, тем самым определяя снижение уровня её функционального состояния на заключительной стадии утомления [8]. Вместе с тем, механизмы сердечно-сосудистой системы, в условиях предъявляемой нагрузки, позволяют оценить функциональное состояние как сердечно-сосудистой системы, так и организма в целом [9]. В настоящее время одним из информативных методов анализа сердечно-сосудистой системы является исследование variability сердечного ритма, что определяет представление об автоматизме синусового узла, обусловленного состоянием регуляторных систем организма и степенью его уравновешенности с внешней средой [10, 11]. При этом, Гаврилова Е. А. (2015) подчеркивает, что состояние процессов регуляции спортсмена определено этапами и периодом тренировочного процесса [12]. Вместе с тем, ряд авторов отмечают специфический «вегетативный портрет», характерный для каждого вида спорта, что обуславливает реализацию различных регуляторных механизмов в условиях активации резервных возможностей организма спортсмена, с различной направленностью тренировочного процесса [13]. Так, у спортсменов игровых видов спорта со скоростно-силовой направленностью, характерным в регуляции ритма сердца является центральный контур, при этом Соломка Т. Н., Макарова И. М. (2008) подчеркивают активность симпатического отдела ВНС [14]. Кроме того, направленность тренировочного процесса является основополагающим

фактором в организации функции аппарата кровообращения, как доминирующей системы в процессе адаптации [15].

В настоящих исследованиях анализ данных временной и спектральной областей variability ритма сердца девушек-регбисток в постсоревновательном периоде выявил не характерные «вегетативному портрету» изменения значений показателей variability сердечного ритма. Так, определено снижение значений показателей, характеризующих преобладание автономного контура регуляции и variability функционирования организма, и вместе с тем, выявлено снижение значений показателей, которые определяют преобладание симпатического отдела и обуславливают регуляцию центрального контура, что характерно в регуляции ритма сердца для спортсменов скоростно-силовой направленности тренировочного процесса. При этом отмечено повышение значения показателя индекса напряжения регуляторных систем (SI, у.е.) (табл. 2).

Таблица 2

Показатели временной и спектральной областей variability ритма сердца, индекса напряжения регуляторных систем девушек-регбисток в постсоревновательный период

значение	Показатели										
	HR, уд/мин	SDNN, мс	RMSS, мс	Mo, у.е	AMo, %	TP, мс2	HF, мс2	LF, мс2	VLF, мс2	LF/HF, у.е.	SI, у.е.
M	78,1	62,6	21,9	0,8	25,2	3180,4	980,2	1093,6	1106,6	1,9	121,1
m	9,1	6,2	5,6	0,04	6,7	183,1	112,8	132,4	138,3	0,11	11,8

Примечание: M — среднее значение показателя; m — ошибка среднего значения

Кроме того, анализ значений показателей variability сердечного ритма девушек-регбисток характеризовал низкий уровень общей активности регуляторных механизмов в 18,75 % всех случаев, средний и высокий в 75 % и 6,25 % случаев, соответственно. Активность центральных регуляторных механизмов определена как уровень ниже среднего и средний в 56,25 % и 43,75 % всех случаев, соответственно (рис. 4).

Анализ данных значений показателей выявил соотношение уровня активности симпатического отдела нервной системы обследуемых регбисток ниже среднего в 25 % всех случаев, средний и высокий уровень активности в 62,5 % и 12,5 %, соответственно. Активность парасимпатического звена в регуляции функций определена в соотношении уровня ниже среднего в 56,25 % всех случаев, средний и высокий уровень активности в 37,5 % и 6,25 % всех случаев (рис. 5).

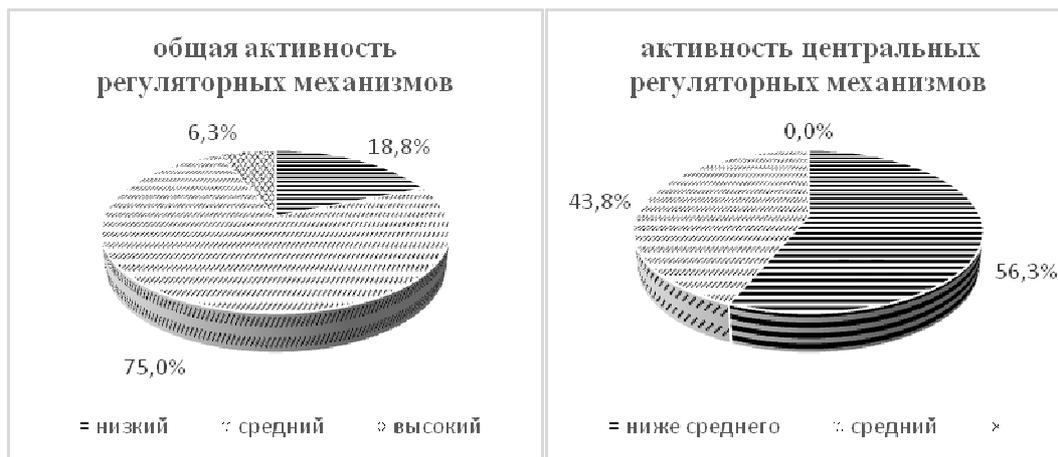


Рис. 4 Соотношение уровня показателей общей активности регуляторных механизмов и активности центральных регуляторных механизмов девушек-регбисток в постсоревновательном периоде.



Рис. 5 Соотношение уровня активности симпатического и парасимпатического звена регуляторных механизмов девушек-регбисток в постсоревновательный период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ данных сенсорно-моторных реакций выявил в 100 % случаев проведения теппинг-теста нисходящего типа графика, что характеризует слабый тип нервной системы обследуемых. Соотношение процессов нервной системы, в соответствие со значениями показателей ССР $21,8 \pm 1,2$ мс, энтропии $2,61 \pm 0,09$ у.е. и коэффициента вариативности $211,1 \pm 34,2$ %, выявил

сбалансированный вариант тормозного и возбуждательного процессов в 62,5 % случаев, преобладание возбуждательного или тормозного процессов в 25 % и в 12,5 % всех случаев соответственно. Выявлено, что значения показателей теста «Помехоустойчивость», в соответствие с показателями основных свойств внимания, соответствовал низкому и среднему уровню по устойчивости внимания в 31,3 % и 43,75 % и по концентрации внимания в 43,8 % и 37,5 % всех случаев, соответственно. Анализ результатов проведенного теста «Оценка внимания» в соответствие со значениями показателей ФУС $3,41 \pm 0,09$ у.е., УФВ $3,09 \pm 0,04$ у.е., СР $299,2 \pm 1,8$ мс, и УР $1,8 \pm 0,06$ у.е., определяют снижение общей работоспособности обследуемых, при этом выявлено значительное снижение работоспособности в 18,75 % случаев, нижняя граница оптимальной работоспособности выявлена в 43,75 % случаев, преобладание тормозных реакций в ЦНС выявлено в 37,5 % случаев у всех обследуемых девушек-регбисток.

2. В исследовании вариативности сердечного ритма регбисток выявлено снижение показателей, что обуславливают вариабельность и преобладание автономного контура регуляции ритма сердца. Так, показатели временной и спектральных областей обследуемых соответствовали значениям M_0 $0,8 \pm 0,04$ у.е., RMSS $21,9 \pm 5,6$ мс, показателя общей спектральной мощности $3180,4 \pm 183,1$ мс² и высокочастотного спектрального компонента $980,2 \pm 112,8$ мс². Вместе с тем, выявлено снижение значений показателей определяющих симпатическую регуляцию и централизацию управления функций обследуемых. Так, значение показателя A_{M_0} составил $25,2 \pm 6,7$ %, значения показателей мощности низко- и ультранизкочастотного спектрального компонента составили $1093,6 \pm 132,4$ мс² и $1106,6 \pm 138,3$ мс², соответственно. Значение уровня индексов вегетативного равновесия и степени напряжения регуляторных систем составили $1,9 \pm 0,11$ у.е. и $121,1 \pm 11,8$ у.е., соответственно. Анализ значений показателей временной и спектральной областей вариабельности сердечного ритма выявил степень активности центральных регуляторных механизмов обследуемых регбисток, что отразилось в 56,25 % и 43,75 % всех случаев как уровень ниже среднего и средний, соответственно. Общая активность регуляторных механизмов характеризовалась степенью низкого уровня в 18,75 % всех случаев, среднего и высокого уровня в 75 % и 6,25 % случаев, соответственно. Степень активности вклада симпатического отдела соответствовала уровню ниже среднего в 25 % всех случаев, среднему и высокому уровню активности в 62,5 % и 12,5 %, соответственно. Активность парасимпатического звена в регуляции функций определена в соотношении уровня ниже среднего в 56,25 % всех случаев, среднего и высокого уровня активности в 37,5 % и 6,25 % всех случаев.
3. Анализ данных вариабельности сердечного ритма регбисток в постсоревновательном периоде выявил не характерный «вегетативный портрет» в соответствие с направленностью тренировочного процесса обследуемых девушек. Оценка психофизиологического и функционального состояния девушек-регбисток в постсоревновательный период, в соответствие с показателями сенсорно-моторных реакций и вариабельности ритма сердца

обследуемых являются характерными для состояния развития процессов утомления, что согласуется с данными исследований в работах А. А. Василенко (2009), Н. И. Шлык (2009), В. М. Михайлова (2002), Ю. Э. Питкевич (2010).

Список литературы

1. Губа В. П. Индивидуальные нормы развития физических качеств и функциональных возможностей юных спортсменов / В. П. Губа, П. В. Кващук, В. Г. Никитушкин. – М.: Физкультура и спорт, 2009. – 272 с.
2. Михайлова А. В. Перенапряжение сердечно-сосудистой системы у спортсменов: моногр. / А. В. Михайлова, А. В. Смоленский. – М.: Спорт, 2019. – 122 с.
3. Бондин В. И. Физиологические аспекты скрининг-диагностики функционального состояния девушек, занимающихся регби / В. И. Бондин, И. А. Пономарева, В. Н. Давиденко, Н. Г. Соколова // Журнал фундам. медицины и биологии. – 2012. – № 2. – С. 32–35.
4. Вахитов И. Х. Особенности изменений показателей насосной функции сердца девушек, систематически занимающихся спортивной игрой регби-7 / И. Х. Вахитов // Теория и практика ФК. – 2010. – №8. – С. 83–85.
5. Рябцев С. М. Оценка психофизиологического и функционального состояния студенток-баскетболисток в предсоревновательном периоде / С. М. Рябцев, Т. А. Жмурова // Спортивная медицина: наука и практика. – 2022. – №12(4). – С. 87–92.
6. Вариабельность сердечного ритма: стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / Рабочая группа Европейского кардиологического общества и Североамериканского общества стимуляции и электрофизиологии. СПб.: Ин-т кардиол. техники, 2000.
7. Солодков А. С. Особенности утомление и восстановления спортсменов / А. В. Солодков // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2013. – №6(100). – С. 131–143.
8. Мирзоев О. М. Применение восстановительных средств в спорте / О. М. Мирзоев. – М.: СпортАкадемПресс, 2000. – 202 с.
9. Баранов В. М. Оценка адаптационных возможностей организма и задач повышения эффективности здравоохранения / В. М. Баранов, Р. М. Баевский, А. П. Берсенева, В. М. Михайлов // Экология человека. – 2004. – №6. – С. 25–29.
10. Шаханова А. В. Студенческий спорт, адаптация, кардиореспираторная система / А. В. Шаханова, С. С. Гречишкина. – Майкоп: Адыгейский государственный университет, 2015. – 155 с.
11. Шлык Н. И. Сердечный ритм и гемодинамика у юных спортсменов с разными типами вегетативной регуляции в тренировочном процессе / Н. И. Шлык // Материалы XXI Съезда Физиологического общества имени И. П. Павлова. – Москва, 2010. – С. 700–701.
12. Гаврилова Е. А. Спорт, стресс, вариабельность : монография. / Е. А. Гаврилова. – М.: Спорт, 2015. – 168 с.
13. Берсенева Е. Ю. Спортивная специализация и особенностивегетативной регуляции сердечного ритма / Е. Ю. Берсенева // Вариабельность сердечного ритма : Тезисы докладов IV Всероссийского симпозиума с международным участием. – Ижевск. – 2008. – С. 42–45.
14. Бутова О. А. Оценка механизмов регуляции кардиоритма девушек-акробатов высокого класса спортивного мастерства / О. А. Бутова, С. В. Масалов, Ю. С. Воровьева // Здоровье и образование в XXI веке. – 2012. – Т.4, №1. – С. 212–213.
15. Меерсон Ф. З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф. З. Меерсон, М. Г. Пшеничникова. – М.: Медицина, 1988. – 253 с.

**ASSESSMENT OF GENERAL PERFORMANCE AND HEART RATE
VARIABILITY OF FEMALE RUGBY PLAYERS IN THE POST-COMPETITION
PERIOD**

Ryabtsev S. M., Zhmurova T. A.

*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: tazhmurova@mailsevsu.ru*

This research is due to the growing interest in rugby among people of both sexes, this sport is regularly engaged in both school-age children and university students. As it is known, high physical, psychoemotional loads of all periods of the training process of rugby activities cause the development of fatigue processes. Physical fatigue, manifested in a temporary decrease in performance, determines the violation of the regulatory function of the central nervous system, coordination of motor and vegetative functions. At the same time, the analysis of scientific literature defines fatigue as a biologically expedient reaction with protective properties of depletion of functional reserves of the organism and, as emphasized by the authors, fatigue processes adapt the organism to loads of higher intensity. The aim of the study was to evaluate the general performance and heart rate variability of female rugby players in the post-competition period. The study involved female rugby players (n = 16), who had a sport category. The study of psychophysiological and functional state of rugby players was conducted in the post-competition period of the training process, in a state of relative rest. Studies were conducted using hardware and software complexes "NS-Psychotest" (LLC "Neurosoft", Russia) and electrocardiograph "Poly-Spectr-8/EX" (LLC "Neurosoft", Russia) to assess general performance, visual-motor reactions and functional state of the cardiovascular system, according to generally accepted methods.

The article presents the analysis of the results of psychophysiological research characterizing the general working capacity of the organism and heart rate variability, characterizing the functional state of the cardiovascular system, the activity of central regulatory mechanisms, the activity of vagosympathetic interaction of the subjects, obtained through the application of complex control using psychodiagnostic and functional methods of research. Rugby training activities are characterized by variability of different in nature and structure of movements, complexity of individual and team actions, continuous change of situations, dynamic and static work of variable power, which causes increased loads on the higher parts of the brain and sensory systems. The results of the present study of rugby players in the post-competition period revealed in 100% of cases the graph of descending type, which determines a weak type of nervous system in all the studied girls rugby players in the post-competition period. The analysis of the "Attention Assessment" test indicators characterizing the general working capacity revealed a decrease in the general working capacity in all subjects, and the ratio of significant decrease and optimal working capacity of rugby players was determined. Nowadays one of the informative methods of cardiovascular system analysis is the study of heart rhythm variability, which determines the idea of sinus node automatism, conditioned by the state of regulatory systems of the organism and the degree of its

equilibrium with the external environment. At the same time, Gavrilova E. A. (2015) emphasizes that the state of the athlete's regulation processes is determined by the stages and period of the training process. Thus, in athletes engaged in speed and power sports, the central circuit of heart rhythm regulation dominates, with Solomka T. N., Makarova I. M. (2008) emphasizing the activity of the sympathetic part of the autonomic nervous system. The analysis of heart rhythm variability indices of the subjects revealed changes in values not characteristic of the "vegetative portrait" of the training process orientation. Thus, the decrease of values of the indices characterizing the predominance of autonomous regulation circuit and variability of the organism functioning was determined, and at the same time, the decrease of values of the indices that determine the predominance of sympathetic department and condition the regulation of the central circuit, which is characteristic for speed and strength orientation of the training process, was revealed. At the same time, an increase in the value of the index of stress of regulatory systems was noted. The analysis of heart rate variability indices characterized the activity of central regulatory mechanisms at the level of "average" and "below average" in 43.75 % and 56.25 % of cases, respectively. Thus, the values of indicators of time and spectral areas of heart rate variability, indicators of vagosympathetic interaction activity and a decrease in the overall performance of the subjects are characteristic of the state of development of fatigue processes in rugby players in the post-competition period.

Keywords: rugby, girls, post-competition period, fatigue, heart rate variability, overall performance.

References

1. Guba V. P., Kvashchuk P. V., Nikitushkin V. G. *Individual norms of development of physical qualities and functional capabilities of young athletes*, 272. (Moscow: Fizkultura i Sport, 2009).
2. Mikhailova A. V., Smolensky A. V. *Overvoltage of the cardiovascular system in athletes*: monograph. 122 (Moscow: Sport, 2019).
3. Bondin V. I., Ponomareva I. A., Davidenko V. N., Sokolova N. G. Physiological aspects of screening-diagnostics of the functional state of girls engaged in rugby. *Journal of Fundamental Medicine and Biology*, **2**, 32 (2012) (In Russ.).
4. Vakhitov I. H. Features of changes in the pumping function of the heart of girls systematically engaged in the sports game of rugby-7. *Theory and practice of physical training*, **8**, 83 (2010). (In Russ.).
5. Ryabtsev S. M., Zhmurova T. A. Evaluation of psychophysiological and functional state of female basketball students in the pre-competition period. *Sports medicine: science and practice*, **12(4)**, 87. (2022) (In Russ.).
6. *Heart rate variability: standards of measurement, physiologic interpretation and clinical use*, Working group of the European Society of Cardiology and the North American Society of Stimulation and Electrophysiology. St. Petersburg: Institute of Cardiol. technics, 2000.
7. Solodkov A. S. Features of fatigue and recovery of athletes, *Scientific notes of the P. F. Lesgaft University*, **6(100)**, 131 (2013). (In Russ.).
8. Mirzoev O. M. *Application of restorative means in sports*, 202 (Moscow: SportAkademPress, 2000).
9. Baranov V. M., Bayevsky R. M., Berseneva A. P., Mikhailov V. M. Assessment of the adaptive capabilities of the body and the tasks of improving the effectiveness of healthcare. *Human ecology*, **6**, 25 (2004). (In Russ.).
10. Shakhanova A. V., Grechishkina S. S. *Student sports, adaptation, cardiorespiratory system*, 155. (Maykop: Adygeya State University, 2015).

11. Shlyk N. I. *Heart rhythm and hemodynamics in young athletes with different types of autonomic regulation in the training process*. Proceedings of the XXI Congress of the I.P. Pavlov Physiological Society. – Moscow, 700 (2010). (In Russ.).
12. Gavrilova E. A. *Sport, stress, variability: a monograph*, 168 (Moscow: Sport, 2015).
13. Bersenev E. Yu. *Sports specialization and features of autonomic regulation of heart rhythm. Heart rate variability* : Abstracts of IV All-Russian symposium with international participation, Izhevsk. 42. (2008). (In Russ.).
14. Butova O. A, Masalov S. V., Vorovieva Y. S. Evaluation of the mechanisms of regulation of cardiorhythm of girls - acrobats of high class sportsmanship. *Health and Education in the XXI century*, **1 (4)**, 212 (2012). (In Russ.).
15. Meerson F. Z., Pshennikova M. G. *Adaptation to stressful situations and physical exertion*, 253. (Moscow: Medicin, 1988).

УДК 543.42.062:543.544.5:615.073:615.322

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-235-243

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВИДОВ РОДА *PARMELIA*

Сергалиева М. У., Мурталиева В. Х., Каитанова О. А., Гостева О. В.

***ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава
России, Астрахань, Россия
E-mail: charlina_astr@mail.ru***

В настоящем обзоре представлены данные о видах крупного рода Пармелия (*Parmelia*). Описаны некоторые представители данного рода, представлен качественный и количественный состав его видов и особенности их распространения. Приведены научные литературные данные о биологической активности растений рода *Parmelia*. При подготовке настоящей публикации использовались статьи в изданиях, включенных в PubMed, Scopus, РИНЦ. Отмечено, что в составе растений рода *Parmelia* присутствуют аминокислоты, флавоноиды, углеводы, сапонины, дубильные вещества, органические кислоты, полисахариды, макро- и микроэлементы и др. Показано, что извлечения на основе растений изучаемого рода проявляют широкий спектр действия: противовоспалительное, антимикробное, противовоспалительное, антисептическое, бактерицидное, ранозаживляющее, кровоостанавливающее, иммуностимулирующее и др.

Ключевые слова: лишайники, род Пармелия, биологически активные вещества, фитосредства, биологическая активность, фармакологический эффект.

ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия спрос потребителей на лекарственные средства, полученных из природных растительных источников, стал очень высоким [1–3]. Это объясняется комплексным воздействием биологически активных веществ (БАВ) растительного происхождения на организм человека, широким спектром физиологической активности и практическим отсутствием у них побочных действий [4, 5].

Сегодня в мире насчитывается около 12000 лекарственных растений, обладающих лечебными свойствами и используемых как в традиционной, так и в народной медицине [6]. При этом зачастую лекарственные растения отлично сочетаются с иными видами лечения и используются не только в терапевтических, но и в профилактических целях. Применение фитосредств, как известно, основано, прежде всего на том, что они обладают высокой фармакологической активностью. Химические соединения, содержащиеся в растениях, как правило, проявляют более «мягкое» действие на живой организм, по сравнению с их синтетическими аналогами, что в свою очередь, дает возможность использовать их в профилактических и терапевтических целях при разных заболеваниях [1, 3]. Кроме того, фитосредства отличаются от синтетических препаратов редким развитием отрицательных побочных эффектов даже при длительном применении. Длительное

использование фитосредств дает возможность создавать модели естественных физиологических процессов в организме, изменяя соотношение биологически активных соединений. Поддержание и мобилизация различных функциональных систем организма (нервной, эндокринной, иммунной и др.) – главное свойство препаратов на основе растительного сырья [7, 8].

На сегодняшний день, особый интерес представляет род листоватых лишайников семейства Пармелиевые (*Parmeliaceae*) – Пармелия (*Parmelia*).

Род *Parmelia* насчитывает около 700 видов, среди которых наиболее распространенными и важными для медицины являются: Пармелия козлиная (*Flavoparmelia caperata* (L.) Hale), Пармелия бороздчатая (*P. sulcata* Tayl.), Пармелия скальная (*P. saxatilis* (L.) Ach.), Пармелия блуждающая (*P. vagans* Nyl.), Пармелия грубоморщинистая (*P. ryssolea* Ach.), Пармелия блюдчатая (*P. acetabulum* Neck.), Пармелия оливковая (*P. olivacea* (L.) Ach. em. Nyl.) и другие виды [9–12]. Следует отметить, что многие растения рода Пармелия издавна применяются в тибетской медицине [13]. Кроме того, рядом ученых выявлено, что лишайники рода Пармелия служат биоиндикаторами загрязнения атмосферного воздуха и могут быть использованы в качестве основы для мониторинга атмосферного воздуха [14, 15].

Представители данного рода встречаются в Северном и Южном полушариях Земли, но преимущественно сосредоточены в регионах с умеренным климатом. Это листоватые, иногда кустистые лишайники, растущие на деревьях, камнях, почвенном покрове [16–18].

Цель данного обзора – анализ компонентного состава и биологической активности растений рода *Parmelia*.

При подготовке настоящей статьи использовались публикации в изданиях, включенных в PubMed, Scopus, РИНЦ, глубина поиска которых составила 15 лет. Также в обзор был включен ряд более ранних работ, соответствующих теме исследования. Для отбора публикаций были выбраны статьи, отвечающие требованиям рандомизированных доклинических и клинических исследований.

1. КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РОДА *PARMELIA*

Научными исследованиями доказано, что химический состав представителей семейства *Parmeliaceae* представлен большим комплексом БАВ: аминокислотами, флавоноидами, углеводами, сапонинами, танинами, органическими кислотами, полисахаридами, витамином С, макро- и микроэлементами и др.) [19–21].

Следует отметить, что содержание полисахаридов в слоевищах некоторых видов лишайников может достигать 80 %. Так, исследователями Национального фармацевтического университета в результате количественного определения суммы водорастворимых полисахаридов гравиметрическим методом, было установлено, что их содержание в Пармелии жемчужной (*P. perlata* (Huds.) Ach.) слоевищах составляет 10,95 % [22].

Методом масс-спектрометрии был проведен качественный и количественный анализ на содержание макроэлементов в растениях семейства *Parmeliaceae*, в ходе

которого были обнаружены: магний, калий, фосфор, кальций, натрий, сера и кремний [23].

Установлено, что лишайники вида *P. sulcata*, произрастающие на территории Республики Башкортостан, Смоленской области, концентрируют металлы и неметаллы [24, 25].

В водном экстракте *P. vagans* с помощью фотоколориметрического дитизонового метода были обнаружены микроэлементы – цинк, медь и свинец [26].

2. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РОДА *PARMELIA*

Представители рода Пармелия содержат в своем составе различные классы органических и неорганических соединений, которые обеспечивают широкий спектр фармакологических эффектов: антимикробный, противовоспалительный, антисептический, бактерицидный, ранозаживляющий, кровоостанавливающий, иммуностимулирующий, антиоксидантный и др. [27, 28].

2.1 Иммуностимулирующая активность

В настоящее время установлено, что лишайники семейства *Parmeliaceae* являются источниками лектинов (фитогемагглютининов). Известно, что лектины имитируют действие инсулина, снижая активность аденилатциклазы в лимфоцитах, стимулируют тканевой иммунитет, повышая фагоцитарную активность лейкоцитов, являются индукторами образования интерферона лимфоцитами. Доказано противовирусное, противоопухолевое, противомикробное действие. Значительная часть лектинов проявляет выраженное антисептическое действие в отношении бактерий, вирусов и грибов [29, 30].

2.2 Антимикробная активность

Проведена оценка различных экстрактов, полученных из *Flavoparmelia caperata*, *P. perlata*, *P. sulcata*, *P. saxatilis* в отношении широкого спектра грамположительных и грамотрицательных бактерий, вирусов и грибов, используемых в качестве мишеней, по результатам которой было установлено, что данные извлечения проявляют антимикробные свойства [21].

Н. Н. Гавриловой с соавторами диффузионным методом и методом серийных разведений в питательной среде выявлено, что водный и спиртовой экстракты растения *P. vagans* подавляют рост микроорганизмов *Escherichia coli* и *Mycobacterium* В-5, проявляя антимикробную активность [31, 32].

2.3 Антибактериальная активность

Доказано, что эфирные, этанольные и ацетоновые экстракты *Flavoparmelia caperata* и *P. perlata* в отношении *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Proteus vulgaris*, *Escherichia coli* и *Serratia marcescens*, обладают антибактериальной активностью [21].

2.4 Противовирусная активность

Следует отметить, что выделенная из *P. perlata* неочищенная полисахаридная фракция является потенциальным противовирусным средством, воздействующим на оболочку вируса желтой лихорадки [21].

2.5 Противоязвенная активность

В экспериментах на животных на моделях язвообразования как «стрессорная модель» и «модель перевязки пилоруса», были изучены противоязвенные эффекты лишайника *P. vagans*. Получены в ходе экспериментального исследования данные, свидетельствуют о том, что водный раствор экстракта *P. vagans* оказывает выраженное протекторное противоязвенное действие в отношении стрессорных механизмов ulcerogenesis, задействованных на модели язвообразования. Показано, что предварительное введение животным водной вытяжки из данного лишайника в значительной степени предотвращает развитие язв на этаноловой модели язвообразования [33, 34].

2.6 Гастропротекторная активность

Установлено, что настой *P. vagans* обладает выраженным гастропротекторным действием [35]. Так, применение лекарственного средства при лечении эрозивного эзофагита, приводит к сокращению времени терапии и повышает частоту полной эпителизации эрозий.

3. ЛЕКАРСТВЕННЫЕ ПРЕПАРАТЫ И БАДЫ НА ОСНОВЕ ВИДОВ РОДА *PARMELIA*

Следует отметить, что на основе извлечений представителей рода *Parmelia* созданы различные лекарственные препараты и биологические активные добавки, которые применяются в клинической медицине. Так, например, препараты «Легочные травы» [36] и «Фитокашель» [37] в виде таблеток, в состав которого входит Пармелия, проявляют выраженный отхаркивающий эффект при хронических и острых воспалительных заболеваниях органов дыхания.

Учитывая существенное значение химического состава представителей рода *Parmelia* и их природную уникальность, на их основе могут быть разработаны специальные технологии получения препаратов: в виде сухого порошка, водной и спиртовой настойки и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, богатый химический состав представителей рода *Parmelia* и как следствие – широкий спектр воздействия на функциональные системы организма, позволяет ожидать новые виды фармакологического действия лекарственных средств на его основе, а также определяет актуальность исследования данного сырьевого источника в рамках как медико-биологических, так и фармацевтических наук, что является обоснованием применения растения как основы для медицинских, фармацевтических и биотехнологических разработок.

Список литературы

1. Конакова А. В. Перспективы использования фитопрепаратов / А. В. Конакова, К. А. Кушакова // Аллея науки. – 2019. – № 1(9). – С. 194–196.
2. Валли Л. А. Перспективы использования лекарственных растений в современной России / Л. А. Валли // Вестник науки. – 2021. – 1(9). – С. 22–24.
3. Вагнер Х. Исследование синергии: создание нового поколения фитопрепаратов / Х. Вагнер, Г. Ульрих-Мерцених // РМЖ. Медицинское обозрение. – 2016. – Т. 24, № 3. – С. 183–189.
4. Сальникова Н. А. Перспективы применения растений рода *Elaeagnus* в фармацевтической и пищевой промышленности / Н. А. Сальникова, А. А. Цибизова, Ю. В. Шур // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4, № 12. – С. 134–147. doi: 10.5281/zenodo.2255667.
5. Самоутруева М. А. Фитохимическая характеристика травы *Astragalus vulpinus* Willd. и психомодулирующая активность экстракта на его основе / М. А. Самоутруева, М. В. Мажитова, М. У. Сергалиева [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. – 2021. – Т. 55, № 2. – С. 40–45. doi: 10.30906/0023-1134-2021-55-2-40-45.
6. Токтоналиев И. У. Место и роль фитопрепаратов в современной медицинской практике / И. У. Токтоналиев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2017. – № 7. – С. 108–111.
7. Семенова Е. Ф. Состояние и перспективы современных исследований в биотехнологии лишайников как лекарственного сырья / Е. Ф. Семенова, Л. М. Теплицкая, М. А. Гончаров [и др.] // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2021. – № 140. – С. 120–129. doi: 10.36305/0513-1634-2021-140-120-129.
8. Сергалиева М. У. Биологическая активность экстрактов растений рода *Astragalus* / М. У. Сергалиева, М. В. Мажитова, М. А. Самоутруева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. – С. 648.
9. Родникова И. М. Лишайники острова Аскольд (залив Петра Великого, Японское море) / И. М. Родникова, И. Ф. Скирина, Ф. В. Скирин // Биота и среда заповедных территорий. – 2019. – № 2. – С. 27–40. doi: 10.25808/26186764.2019.93.47.002.
10. Скорбач В. В. Видовое разнообразие эпифитных лишайников г. Белгорода / В. В. Скорбач, А. Ю. Ларина, М. М. Матвиенко // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 11-1. – С. 129–131.
11. Алвердиева С. М. Видовое разнообразие листоватых лишайников Азербайджана / С. М. Алвердиева // Вестник Нижневартговского государственного университета. – 2019. – № 2. – С. 20–31. doi: 10.36906/2311-4444/19-2/03.
12. Ломова В. В. Видовой состав лишайников г. Уссурийска (Приморский край) и использование их в качестве объектов биомониторинга / В. В. Ломова, В. М. Ландык, Л. А. Кольцова [и др.] // Естественные и технические науки. – 2021. – № 12(163). – С. 108–112.
13. Будаева С. Э. Практическое использование лишайников Бурятии / С. Э. Будаева, Б. Сангидорж // Вестник Бурятского госуниверситета. – 2010. – № 4. – С. 123–128.
14. Бозшатаева Г. Т. Использование биоиндикаторов для оценки состояния атмосферного воздуха / Г. Т. Бозшатаева, А. И. Касымбекова, Г. С. Оспанова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 12-2. – С. 302–306.
15. Грачева Л. О. Оценка состояния атмосферного воздуха по эпифитным лишайникам / Л. О. Грачева, Е. Е. Гончарова, М. В. Протасова // Научное обозрение. Биологические науки. – 2023. – № 1. – С. 5–9. doi: 10.17513/srbs.1306.
16. Саксонов С. В. О видах растений, лишайников и грибов Красной книги Российской Федерации / С. В. Саксонов // Самарская Лука: Бюл. – 2006. – № 17. – С. 253–285.
17. Лубцова Ю. А. Критерии выделения онтогенетических состояний лишайника пармелии бороздчатой (*Parmelia sulcata* Taul.) / Ю. А. Лубцова // Студенческая наука и XXI век. – 2021. – Т. 18, № 1-1(21). – С. 36–38.
18. Закутнова В. И. Биологические особенности лишайников семейства Parmeliaceae: подсчет биоресурсов с выделением специфических веществ центральной части дельты волги (на примере Приволжского района) / В. И. Закутнова, Э. М. Резк // Астраханский вестник экологического образования. – 2015. – № 3(33). – С. 116–120.

19. Подтероб А. П. Химический состав лишайников и их медицинское применение / А. П. Подтероб // Химико-фармацевтический журнал. – 2008. – Т. 42. – № 10. – С. 32–38.
20. Убушаева Э. Э. Исследование химического состава лишайника / Э. Э. Убушаева, Н. Н. Абушинова, С. Е. Бадмаева // Инновационная Калмыкия. – 2016. – № 1. – С. 7.
21. González-Burgos E. Current knowledge on *Parmelia* genus: Ecological interest, phytochemistry, biological activities and therapeutic potential / E. González-Burgos, C. Fernández-Moriano, M. Pilar Gómez-Serranillos // *Phytochemistry*. – 2019. – Vol. 165. – P. 112051. doi: 10.1016/j.phytochem.2019.112051.
22. Пинкевич В. А. Исследование полисахаридов пармелии жемчужной слоевищ / В. А. Пинкевич, А. А. Кисличенко, Е. Н. Новосел [и др.] // Вестник ВГМУ. – 2017. – Т. 16, № 1. – С. 111–116.
23. Ибраева Л. С. Определение макроэлементов в некоторых лекарственных растениях методом масс-спектрометрии / Л. С. Ибраева, А. К. Сапакова, А. Н. Нурекенова [и др.] // Молодой ученый. – 2017. – № 6-1. – С. 26–29.
24. Красногорская Н. Н. Анализ содержания тяжелых металлов и соединений серы в лишайниках *Parmelia sulcata* в условиях городской среды / Н. Н. Красногорская, Е. А. Клеттер, Р. Р. Сулейманова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=5358> (дата обращения: 05.01.2024).
25. Журова В. Г. Анализ содержания тяжелых металлов в лишайниках Гагаринского района Смоленской области / В. Г. Журова, О. А. Халеева // Природа и общество: в поисках гармонии. – 2021. – № 7. – С. 83–93.
26. Евлампиева Е. П. Накопление цинка, меди и свинца лишайником в районе угледобывающего месторождения «Каражыра» / Е. П. Евлампиева, М. С. Панин // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – № 314. – С. 196–200.
27. Arumugam G. D. Lichens in Genus *Parmelia*: An Overview and their Application / G. D. Arumugam, S. Sivaji, S. Gunasekaran [et al.] // *Current Pharmaceutical Biotechnology*. – 2020. – Vol. 21, No 13. – P. 1289–1297. doi: 10.2174/1389201021666200406105212.
28. Kosanić M. M. Antioxidant, antimicrobial and anticancer activities of three *Parmelia* species / M. M. Kosanić, B. R. Ranković, T. P. Stanojković // *J Sci Food Agric*. – 2012. – Vol. 92, No 9. – P. 1909–1916. doi: 10.1002/jsfa.5559.
29. Корсун В. Ф. Преодоление микробной резистентности к антибиотикам средствами фитотерапии / В. Ф. Корсун, С. В. Федоренко, Л. В. Рубаник [и др.] // Практическая фитотерапия. – 2017. – № 2. – С. 33–44.
30. Корсун В. Ф. Резистентность микроорганизмов и пути ее преодоления средствами фитотерапии / В. Ф. Корсун, С. В. Федоренко, Л. В. Рубаник [и др.] // Практическая фитотерапия. – 2017. – № 1. – С. 38–49.
31. Гаврилова Н. Н. Антимикробная активность лекарственных растений в отношении патогенных и условно-патогенных микроорганизмов / Н. Н. Гаврилова, И. А. Ратникова, Л. П. Треножникова [и др.] // Биотехнология. Теория и практика. – 2010. – № 4. – С. 44–47.
32. Лапо А. Ю. Антимикробные свойства экстрактов некоторых видов мхов и лишайников / А. Ю. Лапо // Биотехнология новых материалов – окружающая среда – качество жизни : Материалы IV Международной научной конференции, электронное издание, Красноярск, 10–13 октября 2021 года. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. – С. 216–218.
33. Бадмаева С. Е. Протекторные противовоспалительные эффекты водного экстракта лишайника *Parmelia vagans* у крыс при моделировании экспериментального язвенного колита / С. Е. Бадмаева, К. Е. Бадмаева, Б. В. Бальджирова [и др.] // *International Journal of Medicine and Psychology*. – 2020. – Т. 3, № 4. – С. 115–122.
34. Бадмаева С. Е. Исследование центральных механизмов противовоспалительного действия биологически активных веществ лишайника *Parmelia vagans* / С. Е. Бадмаева // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. – 2014. – № 14. – С. 14–18.
35. Муратова К. Д. Патент № 2033800 С1 Российская Федерация, МПК А61К 36/882, А61К 31/43, А61К 31/4415. Способ лечения эрозивного эзофагита : № 4942958/14 : заявл. 04.06.1991 : опубл. 30.04.1995 / К. Д. Муратова, С. М. Верменичев, Б. В. Монахов [и др.]; заявитель Муратова Кульпаршин Доненбаевна.

36. Пилат Т. Л. Патент № 2238102 С1 Российская Федерация, МПК А61К 36/899, А61К 9/20, А61К 31/375. Препарат «Легочные травы» для профилактики и поддерживающей терапии при лечении воспалительных заболеваний органов дыхания : № 2003111437/15 : заявл. 22.04.2003 : опубл. 20.10.2004 / Т. Л. Пилат; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ЛЕОВИТ нутрио».
37. Пилат Т. Л. Патент № 2246311 С2 Российская Федерация, МПК А61К 36/9066, А23L 1/03, А23L 1/30. Биологически активная добавка «Фитокашель» : № 2002124881/15 : заявл. 19.09.2002 : опубл. 20.02.2005 / Т. Л. Пилат; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ЛЕОВИТ нутрио» (ООО «ЛЕОВИТ нутрио»).

BIOLOGICAL ACTIVITY OF SPECIES OF THE GENUS *PARMELIA*

Sergalievа M. U., Murtalievа V. Kh., Kashtanovа O. A., Gostevа O. V.

Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation
E-mail: charlina_ast@mail.ru

Today, there are about 12,000 medicinal plants with therapeutic properties that are used in both traditional and folk medicine. Often medicinal plants are perfectly combined with other types of treatment and are used not only for therapeutic but also for preventive purposes. The use of phytomedicines, as it is known, is based primarily on the fact that they have a high pharmacological activity. Chemical compounds contained in plants, as a rule, exhibit a «milder» effect on the living organism, compared to their synthetic analogues, which in turn makes it possible to use them for preventive and therapeutic purposes for various diseases. In addition, phytomedicines differ from synthetic drugs rarely develop negative side effects even with prolonged use. Long-term use of phytomedicines makes it possible to create models of natural physiological processes in the body, changing the ratio of biologically active compounds. Maintenance and mobilisation of various functional systems of the organism (nervous, endocrine, immune, etc.) is the main property of preparations based on plant raw materials.

This review describes some representatives of this genus, presents qualitative and quantitative composition of its species and peculiarities of their distribution. Scientific literature data on the biological activity of plants of the genus *Parmelia* are given. It is noted that the plants of the genus *Parmelia* contain amino acids, flavonoids, carbohydrates, saponins, tannins, organic acids, polysaccharides, macro- and microelements and others. It is shown that extracts based on plants of the studied genus exhibit a wide range of actions: anti-ulcer, antimicrobial, anti-inflammatory, antiseptic, bactericidal, wound-healing, styptic, immunostimulant, etc. The extracts of the plants of the studied genus have a wide range of actions.

The rich chemical composition of representatives of the genus *Parmelia* and as a consequence – a wide range of effects on the functional systems of the body, allows us to expect new types of pharmacological action of drugs based on it, and also determines the relevance of the study of this raw material source in the framework of both biomedical

and pharmaceutical sciences, which is the rationale for the use of the plant as a basis for medical, pharmaceutical and biotechnological developments.

Keywords: lichens, genus *Parmelia*, biologically active substances, phytomedicines, biological activity, pharmacological effect.

References

1. Konakova A. V., Kushakova K. A. Prospects for the use of phytopreparations. *Science Alley*, **1(9)**, 194, (2019).
2. Valli L. A. Prospects for the use of medicinal plants in modern Russia. *Bulletin of Science*, **1(9)**, 22, (2021).
3. Wagner H., Ulrich-Merzenich G. Synergy research: creating a new generation of phytopreparations. *RMJ. Medical Review*, **24(3)**, 183, (2016).
4. Salnikova N. A., Tsibizova A. A., Shur V. V. Prospects for the use of plants of the genus *Elaeagnus* in pharmaceutical and food industries. *Bulletin of science and practice*, **4(12)**, 134, (2018). doi: 10.5281/zenodo.2255667.
5. Samotrueva M. A., Mazhitova M. V., Sergalieva M. U. [et al.], Phytochemical characterization of the herb *Astragalus vulpinus* Willd. and psychomodulatory activity of an extract based on it. *Chemico-Pharmaceutical Journal*, **55(2)**, 40, (2021). doi: 10.30906/0023-1134-2021-55-2-40-45.
6. Toktonaliev I. Y. The place and role of phytopreparations in modern medical practice. *Science, new technologies and innovations in Kyrgyzstan*, **7**, 108, (2017).
7. Semenova E. F., Teplitskaya L. M., Goncharov M. A. [et al.], State and prospects of modern research in biotechnology of lichens as medicinal raw materials. *Bulletin of the State Nikita Botanical Garden*, **140**, 120, (2021). doi: 10.36305/0513-1634-2021-140-120-129.
8. Sergalieva M. U., Mazhitova M. V., Samotrueva M. A. Biological activity of extracts of plants of the genus *Astragalus*. *Modern problems of science and education*, **5**, 648, (2015).
9. Rodnikova I. M., Skirina I. F., Skirin F. V. Lichens of Askold Island (Peter the Great Bay, Sea of Japan). *Biota and Environment of Protected Areas*, **2**, 27, (2019). doi: 10.25808/26186764.2019.93.47.002.
10. Skorbach V. V., Larina A. Y., Matvienko M. M. Species diversity of epiphytic lichens of Belgorod. *Modern trends in the development of science and technology*, **11-1**, 129, (2016).
11. Alverdiyeva S. M. Species diversity of leafy lichens of Azerbaijan. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, **2**, 20, (2019). doi: 10.36906/2311-4444/19-2/03.
12. Lomova V. V., Landyk V. M., Koltsova L. A. [et al.], Species composition of lichens of Ussuriysk (Primorsky Krai) and their use as biomonitoring objects. *Natural and Technical Sciences*, **12(163)**, 108, (2021).
13. Budaeva S. E., Sangidorj B. Practical use of lichens of Buryatia. *Bulletin of Buryat State University*, **4**, 123, (2010).
14. Bozshataeva G. T., Kasymbekova A. I., Ospanova G. S. [et al], The use of bioindicators for assessing the state of atmospheric air. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, **12-2**, 302, (2017).
15. Gracheva L. O., Goncharova E. E., Protasova M. V. Assessment of atmospheric air condition by epiphytic lichens. *Scientific Review. Biological sciences*, **1**, 5, (2023). doi: 10.17513/srbs.1306.
16. Saxonov S. V. On the species of plants, lichens and fungi of the Red Book of the Russian Federation. *Samarskaya Luka: Bul.*, **17**, 253, (2006).
17. Lubtsova Yu. A. Criteria for the selection of ontogenetic states of the lichen *Parmelia sulcata* (*Parmelia sulcata* Taul.). *Student Science and XXI century*, **18(1-1(21))**, 36, (2021).
18. Zakutnova V. I., Rezk E. M. Biological peculiarities of lichens of the family Parmeliaceae: counting of bioresources with the isolation of specific substances of the central part of the Volga Delta (on the example of Privolzhsky district). *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, **3(33)**, 116, (2015).
19. Podterob A. P. Chemical composition of lichens and their medical applications. *Chemico-Pharmaceutical Journal*, **42(10)**, 32, (2008).
20. Ubushaeva E. E., Abushinova N. N., Badmaeva S. E. Study of the chemical composition of lichen. *Innovative Kalmykia*, **1**, 7, (2016).

21. González-Burgos E., Fernández-Moriano C., Pilar Gómez-Serranillos M. Current knowledge on Parmelia genus: Ecological interest, phytochemistry, biological activities and therapeutic potential. *Phytochemistry*, **165**, 112051, (2019). doi: 10.1016/j.phytochem.2019.112051.
22. Pinkevich V. A., Kislichenko A. A., Novosel E. N. [et al], Investigation of polysaccharides of Parmelia pearlifera parsleyi puffs. *Vestnik VSMU*, **16(1)**, 111, (2017).
23. Ibraeva L. S., Sapakova A. K., Nurekenova A. N. [et al], Determination of macronutrients in some medicinal plants by mass spectrometry. *Young scientist*, **6-1**, 26, (2017).
24. Krasnogorskaya N. N., Kletter E. A., Suleymanova R. R. [et al.], Analysis of the content of heavy metals and sulphur compounds in lichens Parmelia sulcata in urban environment. *Modern problems of science and education*, **2**, (2012). URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=5358> (date of address: 05.01.2024).
25. Zhurova V. G., Khaleeva O. A. Analysis of heavy metal content in lichens of Gagarinsky district of Smolensk region. *Nature and society: in search of harmony*, **7**, 83, (2021).
26. Evlampieva E. P., Panin M. S. Accumulation of zinc, copper and lead by lichen in the area of coal-mining deposit «Karazhyra». *Bulletin of Tomsk State University*, **314**, 196, (2008).
27. Arumugam G. D., Sivaji S., Gunasekaran S. [et al.], Lichens in Genus Parmelia: An Overview and their Application. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, **21(13)**, 1289, (2020). doi: 10.2174/1389201021666200406105212.
28. Kosanić M. M., Ranković B. R., Stanojković T. P. Antioxidant, antimicrobial and anticancer activities of three Parmelia species. *J Sci Food Agric*, **92(9)**, 1909, (2012). doi: 10.1002/jsfa.5559.
29. Korsun V. F., Fedorenko S. V., Rubanik L. V. [et al], Overcoming microbial resistance to antibiotics by means of phytotherapy. *Practical phytotherapy*, **2**, 33, (2017).
30. Korsun V. F., Fedorenko S. V., Rubanik L. V. [et al], Microbial resistance and ways to overcome it by means of phytotherapy. *Practical phytotherapy*, **1**, 38, (2017).
31. Gavrilova N. N., Ratnikova I. A., Trenozhnikova L. P. [et al], Antimicrobial activity of medicinal plants against pathogenic and opportunistic microorganisms. *Biotechnology. Theory and practice*, **4**, 44, (2010).
32. Lapo A. Yu. Antimicrobial properties of extracts of some species of mosses and lichens. Biotechnology of new materials – environment – quality of life: Proceedings of the IV International Scientific Conference, electronic edition; Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 216, (2021).
33. Badmaeva S. E., Badmaeva K. E., Baljirova B. V. [et al.], Protective antiulcer effects of aqueous extract of lichen Parmelia vagans in rats at modelling of experimental ulcerogenesis. *International Journal of Medicine and Psychology*, **3(4)**, 115, (2020).
34. Badmaeva S. E. Study of central mechanisms of anti-ulcer action of biologically active substances of lichen Parmelia vagans. *A new word in science and practice: hypotheses and approbation of research results*, **14**, 14, (2014).
35. Muratova K. D., Vermeichev S. M., Monakhov B. V. [et al], Patent No. 2033800 C1 Russian Federation, MPK A61K 36/882, A61K 31/43, A61K 31/4415. Method of treatment of erosive esophagitis : No. 4942958/14 : applied. 04.06.1991 : published on 30.04.1995; applicant Muratova Kulparshin Donenbaevna Muratova.
36. Pilat T. L. Patent No. 2238102 C1 Russian Federation, MPK A61K 36/899, A61K 9/20, A61K 31/375. Preparation «Pulmonary herbs» for prophylaxis and supportive therapy in treatment of inflammatory diseases of respiratory organs : No. 2003111437/15 : avv. 22.04.2003 : published 20.10.2004; applicant Limited Liability Company «LEOVIT Nutrio».
37. Pilat T. L. Patent No. 2246311 C2 Russian Federation, MPK A61K 36/9066, A23L 1/03, A23L 1/30. Biologically active additive «fitokashel» : No. 2002124881/15 : avv. 19.09.2002 : publ. 20.02.2005; applicant Limited Liability Company «LEOVIT Nutrio» (LLC «LEOVIT Nutrio»).

УДК 612; 572.512; 378.17

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-244-252

**ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ
«GO / NO-GO»-ТИПА В ПАРАДИГМЕ ОБРАТНОЙ СВЕТОВОЙ
МАСКИРОВКИ**

Соболев В. И.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», Ялта, Республика Крым, Россия
E-mail: v.sobolev@mail.ru*

На основании анализа характера влияния световой маскировки на время выполнения дифференцировочной зрительно-моторной реакции, можно сделать вывод о том, что эффект полной световой маскировки при выбранных условиях эксперимента наступает при значении SOA-интервала вплоть до 10 мс. В этот период времени испытуемый был не в состоянии опознать графические стимулы в виде цифр «5» и «6». В рамках изменения SOA-интервала от 15 до 30 мс время зрительно-моторной реакции закономерно укорачивалось, но все еще оставалось выше контрольного уровня (в случае отсутствия световой маскировки). Вероятный механизм этого явления может быть связан с формированием ослабленного (ущербного) физиологического феномена под влиянием световой маскировки, которая нарушает полноценный процесс появления осознанного ощущения.

Ключевые слова: психология восприятия, зрительный анализатор, зрительно-моторная реакция, обратная световая маскировка.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение структуры сенсомоторных реакций занимает важное место в исследованиях в области психофизиологии и психологии восприятия [1–8 и др.]. В настоящее время предложено множество блок-схем, описывающих разные этапы формирования сенсомоторного ответа – от момента предъявления стимула до момента завершения моторного акта [3, 8, 9, 10]. Большое внимание уделяется измерению временных параметров отдельных элементов целостной реакции [6, 11–14]. В частности, в структуре простой и сложной зрительно-моторной реакции методами психофизиологии достаточно надежно определены латентный период реакции (sRT – simple reaction time), время обнаружения стимула (sDT – stimulus detection time) и время инициации двигательного акта (MIT – movement initiation time) [8]. Однако внутренняя структура такого элемента, как время обнаружения стимула (sDT), практически не исследована.

Большие возможности для измерения временных составляющих sDT-компонента в зрительно-моторной реакции открывает метод последовательной световой маскировки [9, 15–18]. Так, с помощью данного методического подхода

установлено, что время формирования физиологического феномена при дифференцировочной зрительно-моторной реакции в ответ на вспышку света находится в области 100 мс [12]. Предполагается, что возможный механизм торможения сенсомоторной реакции при обратной маскировке связан с ослаблением под влиянием стимула-маскера интенсивности формирующегося физиологического феномена [12]. Однако представляет интерес оценить характер влияния обратной маскировки на скорость реакции других разновидностей светового стимула.

Целью настоящей работы явилось выяснение характера действия последовательной обратной маскировки на скорость дифференцировочной зрительно-моторной реакции в ответ на предъявление графических символов, в частности в виде цифр LED-дисплея.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Характеристика контингента испытуемых. В исследованиях на добровольной основе приняли участие 10 студенток Института педагогики, психологии и инклюзивного образования (г. Ялта) Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Возраст испытуемых составлял $19,7 \pm 0,2$ года.

Алгоритм исследования. Первоначально (1-й этап эксперимента) у испытуемых измеряли время простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) на предъявление стимула в виде цифр («5» и «6») на 7-сегментном дисплее. Цифры предъявлялись поочередно (по 20 замеров на каждый цифровой стимул). Длительность цифрового светового стимула составляла 100 мкс. Для контроля время ПЗМР дополнительно измерялось в отношении вспышки синего света длительностью 100 мкс.

На втором этапе исследования измерялось время дифференцировочной зрительно-моторной реакции (ДЗМР). Использовалась стандартная модель «Go / No-go-типа» [3, 10]. В качестве тестового стимула (ТС) выступала цифра «6» на LED-дисплее, а дифференцировочного (тормозного) стимула (ДС) – цифра «5» того же дисплея. Цвет стимулов соответствовал красному. Длительность ТС и ДС составляла 100 мкс. При предъявлении ТС (цифра «6») испытуемый должен был нажать кнопку «СТОП» секундомера, а при зажигании цифры «5» – игнорировать стимул.

На третьем этапе эксперимента время дифференцировочной зрительно-моторной реакции измеряли на фоне действия стимула-маскера (световой помехи) при последовательном ступенчатом удлинении SOA-интервала (stimulus-onset asynchrony – промежуток времени между началом тестового стимула и началом стимула-маскера) в пределах 10, 15, 20 и 30 мс. В качестве стимула-маскера выступала вспышка синего света длительностью 300 мс. Стимул-маскер в данном случае выполнял роль «помехи», так как предъявлялся после тестового стимула в виде цифры «6» или дифференцировочного стимула (цифра «5»), что затрудняло процесс их опознания. Если испытуемый был твердо уверен, он должен был реагировать путем нажатия кнопки секундомера при появлении цифры «6» (тестовый стимул) или игнорировать дифференцировочный стимул в виде цифры «6». Алгоритм опыта был следующим. Вначале устанавливали значение $SOA = 0$

(т.е. моменты начала предъявления стимулов в виде цифры «5» или «6», а также стимула-маскера совпадали) и измеряли время ДЗМР. Затем SOA-интервал последовательно увеличивали до 10, 15, 20 и 30 мс и время зрительно-моторной реакции измеряли вновь. Число замеров для каждого интервала SOA составляло 20 при паузах между очередным предъявлением стимула 4–6 с.

Оборудование. В качестве светового источника стимула-маскера (сенсорной помехи) использовались 4 мощных светодиода синего света (455-475 нМ, 1 W, световой поток – 45 Lm), размещенных по периметру 7-сегментного LED-индикатора (по одному светодиоду с каждой из 4-х сторон индикатора).

В качестве источника тестовых и дифференцировочных световых стимулов использовался 7-сегментный одноразрядный LED-индикатор типа RL-S5621SAAW / D13 EXCEED (Super Red - Красный).

Латентные периоды простой и дифференцировочной зрительно-моторной реакции «Go / No-go-типа» измерялись с помощью электронного секундомера (микроконтроллер ATmega 8515-16PU и LED-дисплей CA56-12SRWA) путем его остановки с помощью кнопки «СТОП».

Статистический анализ проводили с использованием пакетов прикладных программ Excel и Statistica 7.0: вычислялись средние арифметические и их ошибки, стандартные отклонения в исследуемых вариационных рядах, дисперсии выборок и коэффициенты вариации. Во всех случаях сравнение анализируемых показателей и оценка статистической значимости различий проводили на основании проверки нулевой и альтернативной гипотез.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе эксперимента, как уже указывалось, измеряли время выполнения простой зрительно-моторной реакции на предъявление цифр «5» и «6». Результаты показали, что во всех случаях время ПЗМР на предъявление разных символов статистически значимо не различалось (табл. 1). Так, для цифры «5» латентный период простой зрительно-моторной реакции составил $222 \pm 1,70$ мс, а для цифры «6» соответственно $220 \pm 1,85$ мс. Как видно, различия были статистически незначимы ($p > 0,05$). Статистически значимые различия отсутствовали и при сравнении величин дисперсии выборок и коэффициентов вариации. С целью последующего анализа результатов исследования в данной серии опыта дополнительно измеряли время простой зрительно-моторной реакции в ответ на вспышку синего цвета. Было выяснено, латентный период ПЗМР в данном случае составил $190 \pm 2,6$ мс при дисперсии выборки 174 и коэффициенте вариации 7 %. Видно, что в данном случае латентный период зрительно-моторной реакции был несколько короче, чем при реакции на графический стимул в виде цифры «6» ($-30 \pm 3,2$ мс, $- 10,5$ %, $p < 0,05$). Различались и значения дисперсий. Так, двухвыборочный F-тест для дисперсий показал, что величина дисперсии для вариационного ряда значений ПЗМР при восприятии цифры «6» была статистически значима выше ($p < 0,5$) по сравнению с дисперсией ряда при реакции на простую вспышку света.

ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ ...

На втором этапе исследования измерялось время дифференцировочной зрительно-моторной реакции. В качестве тестового стимула выступала цифра «6» на LED-дисплее, а дифференцировочного (тормозного) стимула – цифра «5» того же дисплея. Результаты измерения показали, что время ДЗМР составило $389 \pm 3,2$ мс при высоком значении дисперсии выборки (табл. 2). Коэффициент вариации составил 13,1 %. Подчеркнем, что такое значение реакции соответствовало условию опыта «Без предъявления стимула-маскера», т.е. в условиях отсутствия помехи. Такое значение времени выполнения дифференцировочной зрительно-моторной реакции на предъявление цифрового стимула было выше, чем на реакцию в виде вспышки света [4, 10, 12].

Таблица 1

**Время выполнения простой зрительно-моторной реакции (мс)
на предъявление цифр «5» и «6»**

Статистический показатель	Цифровой символ		Различия между «5» и «6»
	5	6	
Среднее арифметическое	222	220	$2 \pm 2,5$ $p > 0,05$
Стандартная ошибка	1,70	1,85	
Стандартное отклонение	24,0	26,2	-
Дисперсия выборки	576	686	$p > 0,05$
Коэффициент вариации, %	10,8	11,4	$p > 0,05$
Число измерений	200	200	-

На третьем, заключительном, этапе эксперимента измеряли время выполнения дифференцировочной зрительно-моторной реакции на фоне действия стимула-маскера (световой помехи, вспышка синего света) при ступенчатом удлинении SOA-интервала (10; 15; 20 и 30 мс). Напомним, что в качестве тестового стимула, на который необходимо было реагировать, нажимая кнопку «Стоп», выступала цифра «6»; дифференцировочным (тормозным) стимулом служила цифра «5» LED-дисплея. Результаты измерения приведены в таблице 2. Как видно из представленных данных, при значении SOA=0; 5 и 10 мс испытуемые не смогли выполнить задание, так как при данных значениях SOA-интервалов наблюдался эффект полной световой маскировки. При удлинении SOA-интервала до 15 мс все 10 испытуемых, хотя и при достаточно высоком проценте ошибок (12 %), реагировали на предъявленные символы: время выполнения ДЗМР составило 722 ± 9 мс. Отметим, что это значение ДЗМР было на $333 \pm 9,5$ мс больше, чем при реакции в условиях «Без световой маскировки».

При дальнейшем удлинении SOA-интервала до 20 и 30 мс время ДЗМР постепенно уменьшается, но при выбранных условиях эксперимента к 30 мс все-таки остается существенно выше показателя ДЗМР в условиях «Без световой маскировки». Так, при SOA, равной 20 и 30 мс, разница составила соответственно $178 \pm 6,8$ и $88 \pm 5,9$ мс.

Обращает на себя внимание факт первоначально высокой величины дисперсии выборки, составившей 16104, что было существенно выше ($p < 0,05$), чем в условиях «Без световой маскировки». В дальнейшем, при значении SOA-интервала 20 и 30 мс, величина дисперсии уменьшается, оставаясь все-таки существенно выше, чем в условиях «Без световой маскировки».

Таблица 2

Значение латентного периода дифференцировочной зрительно-моторной реакции (RT) при разных условиях эксперимента

Значение SOA, мс	Условия эксперимента и показатель		
	Время выполнения дифференцировочной зрительно-моторной реакции в опытах с созданием помехи стимулом-маскером (RT + MC), мс	Время выполнения дифференцировочной зрительно-моторной реакции в опытах без создания помехи стимулом-маскером (без световой маскировки) RT, мс	Разница между (RT + MC) и RT, мс
0	Нет реакции	$389 \pm 3,2$ [2598]	-
5	Нет реакции		-
10	Нет реакции		-
15	$722 \pm 9^*$ [16104] ##		$333 \pm 9,5^{**}$
20	$567 \pm 6^*$ [7157] ##		$178 \pm 6,8^{**}$
30	$477 \pm 5^*$ [4970] ##		$88 \pm 5,9^{**}$

Примечание: MC – стимул-маскер; RT – время реакции; * – различия по отношению к показателю RT «без создания помехи» статистически значимы ($p < 0,05$); ** – значение вычисленной разницы в показателях статистически значимо ($p < 0,05$); ## – различия статистически значимо отличаются ($p < 0,05$, двухвыборочный F-тест для дисперсий) от значений «Без световой маскировки»; в квадратных скобках приведено значение дисперсии выборки.

Обсуждая полученные результаты, необходимо выделить три основных момента. Во-первых, время простой зрительно-моторной реакции на предъявление графических символов в виде цифр «5» и «6» было несколько выше, чем при реакции на простой световой стимул в виде вспышки света. Так, разница во времени реакции в этих двух случаях составила $+ 30 \pm 3,2$ мс в пользу цифрового стимула. Такие различия, на наш взгляд, связаны с разными механизмами восприятия вспышки света и графического стимула. Можно полагать, что в первом случае запуск зрительно-моторной реакции осуществляется на основании факта обнаружения стимула по принципу: «есть вспышка света – нет вспышки». В случае предъявления графического стимула испытуемый бессознательно пытается все-таки идентифицировать его, хотя это и не требуют условия эксперимента.

Второй момент работы, требующий обсуждения, связан с измерением времени дифференцировочной зрительно-моторной реакции. Так, нами показано, что время ДЗМР (тестовый стимул цифра «6», дифференцировочный, тормозной, стимул цифра «5») составило $389 \pm 3,2$ мс, что существенно больше в сравнении со значениями, приведенными в литературе в отношении времени реакции на вспышку света. Действительно, по данным ряда авторов [3–5, 12] латентность такой реакции колеблется в рамках 240–300 мс. В частности, ранее нами показано, что время ДЗМР на вспышку света у молодых людей составило $298 \pm 4,3$ мс [5 и др.]. Объяснение этого факта, с нашей точки зрения, связано с механизмами опознания двух типов стимулов (вспышки света и графического стимула), которые для формирования осознанного ощущения требовали разного времени. Исходя из разницы во времени выполнения ДЗМР в приведенных двух случаях, можно полагать, что процесс, необходимый для опознания графического символа, осуществляется с меньшей скоростью.

Наконец, в-третьих, на основании анализа характера влияния световой маскировки на время ДЗМР, можно сделать следующее заключение: эффект полной световой маскировки при выбранных условиях эксперимента наступает при значении SOA-интервала вплоть до 10 мс. Это значит, что в этот период времени испытуемый был не в состоянии опознать графические стимулы в виде цифр «5» и «6». В случае удлинения SOA-интервала до 15 мс процесс опознания становился возможным, но собственно время дифференцировочной зрительно-моторной реакции было существенно больше, чем в условиях «Без световой маскировки» и при более высоком значении дисперсии выборки. В рамках изменения SOA-интервала от 15 до 30 мс время ДЗМР закономерно укорачивалось, но все еще оставалось выше контрольного уровня (в случае отсутствия световой маскировки). Вероятный механизм этого явления может быть связан с формированием ущербного физиологического феномена под влиянием световой маскировки, которая нарушает полноценный процесс появления осознанного ощущения [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Время простой зрительно-моторной реакции на предъявление графических символов в виде цифр «5» и «6» было выше (на 10,5 %), чем время реакции на простой световой стимул в виде вспышки света.

2. Время выполнения дифференцировочной зрительно-моторной реакции (тестовый стимул цифра «6», дифференцировочный, тормозной, стимул цифра «5») составило $389 \pm 3,2$ мс, что существенно больше в сравнении со значениями, приведенными в литературе в отношении времени реакции на вспышку света.
3. На основании анализа характера влияния световой маскировки на время выполнения дифференцировочной зрительно-моторной (ДЗМР) реакции, можно сделать вывод, что эффект полной световой маскировки при выбранных условиях эксперимента наступает при значении SOA-интервала вплоть до 10 мс. Это значит, что в этот период времени испытуемый был не в состоянии опознать графические стимулы в виде цифр «5» и «6».
4. В рамках изменения SOA-интервала от 15 до 30 мс время ДЗМР закономерно укорачивалось, но все еще оставалось выше контрольного уровня (т.е. в случае отсутствия световой маскировки). Вероятный механизм этого явления может быть связан с формированием ослабленного (ущербного) физиологического феномена под влиянием световой маскировки, которая нарушает полноценный процесс появления осознанного ощущения.

Список литературы

1. Айдаркин Е. К. Исследование особенностей взаимодействия зрительной и слуховой систем / Е. К. Айдаркин // Валеология. – 2006. – № 3. – С. 82–93.
2. Костандов Э. А. Психофизиология сознания и бессознательного. / Костандов Э. А. – СПб.: Питер, 2014. – 167 с.
3. Нехорошкова А. Н. Сенсомоторные реакции в психофизиологических исследованиях (Обзор) / А. Н. Нехорошкова, А. В. Грибанов, И. С. Депутат // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2015. – № 1. – С. 38–48.
4. Романенко В. А. Психофизиологический базис успешности обучения студенток / В. А. Романенко, Д. А. Кочура // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. – 2016. – № 4. – С. 116–122.
5. Соболев В. И. Феномен независимости времени зрительно-моторной реакции простого выбора (модель «Go / No-go») от числа и модальности дифференцировочных тормозных стимулов / В. И. Соболев, М. Н. Попов, В. В. Труш // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия. – 2019. – Том 5 (71), № 3. – С. 95–109.
6. Соболев В. И. Независимость простой зрительно-моторной реакции от предсознательной компоненты ощущения при обратной маскировке двухцветными стимулами / В. И. Соболев // Экспериментальная психология. – 2020. – Том 13, № 2. – С. 4–16. DOI: <https://doi.org/10.17759/expsy.2020130201>
7. Stull A. G. Effects of variable fatigue levels on reaction-time components // A. G. Stull, J. T. Kearney / J. Mot. Behav. – 1978. – V. 10, № 3. – P. 223.
8. Woods D. L. Factors influencing the latency of simple reaction time / D. L. Woods, J. M. Wyma, E. W. Yund [et al.] // Front. Hum. Neurosci. – 2015. – V. 9, № 131. – P. 131.
9. Бахманн Т. Психофизиология зрительной маскировки / Т. Бахманн – Тарту, 1989. – 400 с.
10. Шутова С. В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС / С. В. Шутова, И. В. Муравьева // Вестник ТГУ. – 2013. – Т. 18, Вып. 5. – С. 2831–2840
11. Соболев В. И. Характеристика простых психомоторных реакций при чередующейся разномодальной сенсорной стимуляции (электромиографическое исследование) // В. И. Соболев // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского Биология. Химия. – 2019. – Том 5 (71), № 1. – С. 126–138. <https://elibrary.ru/item.asp?id=37626277>
12. Соболев В. И. Измерение длительности фазы формирования физиологического феномена как предиктора осознанного ощущения при зрительно-моторной реакции «Go / No-go» типа в

- парадигме обратной маскировки / В. И. Соболев, М. Н. Попов // Экспериментальная психология. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 231–245.
13. Aalderen-Smeets S. I. Investigating neurophysiological correlates of metacontrast masking with magnetoencephalography / S. I. Aalderen-Smeets, R. Oostenveld, J. Schwarzbach // *Advances in Cognitive Psychology*. – 2006. – № 2. – P. 21–35.
 14. Clark A. A. *Theory of Sentience*. / Clark A. A. – Oxford: Oxford University Press, 2000. – 150 p.
 15. Ansorge U. Intentions determine the effect of invisible metacontrast-masked primes: Evidence for top-down contingencies in a peripheral cueing task / U. Ansorge, O. Neumann // *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* – 2005. – Vol. 31, № 4. – P. 762–777.
 16. Breitmeyer B. G. Recent models and findings in visual backward masking: A comparison, review, and update / B. G. Breitmeyer, H. Ogmen // *Perception and Psychophysics*. – 2000. – Vol. 62, № 8. – P. 1572–1595.
 17. Bruchmann M. Metacontrast masking within and between visual channels: Effects of orientation and spatial frequency contrasts [Электронный ресурс] / M. Bruchmann, B. G. Breitmeyer, C. Pantev // *Journ. of Vision*. – 2010. – Vol. 10, № 12. – P. 1–14. <http://www.journalofvision.org/content/10/6/12>
 18. Özdemir R. A. Simple reaction time and decision making performance after different physical workloads: an examination with elite athletes / R. A. Özdemir, S. Kirazcı, A. Ugras // *Int. J. Human Sciences*. – 2010. – V. 7, № 2. – P. 655.

THE TIME OF THE VISUAL-MOTOR REACTION "GO / NO-GO"- TYPE IN THE PARADIGM OF BACKWARD MASKING

Sobolev V. I.

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Yalta, Republic of Crimea, Russia
E-mail: v.sobolev@mail.ru*

The aim of the research occurs in the studying of the effect of backward masking on the time of the differentiated visual-motor reaction.

Method. In the first series of experiments, the time of a simple visual-motor reaction was measured in subjects to the presentation of a stimulus in the form of numbers ("5" and "6") on a 7-segment display.

In the second series of the experiment, the time of the differentiation visual-motor reaction was measured. A standard Go/No-go model was used. The test stimulus was the number "6" on the LED display, and the differentiation (inhibitory) stimulus was the number "5" on the same display. In the third series of experiments, the time of the differentiated visual-motor reaction against the background of the masker stimulus was measured with a stepwise lengthening of the SOA-interval (10, 15, 20 and 30 ms). A flash of blue light served as a masker stimulus.

Results. It was found that the time of a simple visual-motor reaction to the presentation of graphic symbols in the form of numbers "5" and "6" was higher (10.5 %) than the reaction time to a simple light stimulus in the form of a flash of light. The time for performing the differentiated visual-motor reaction (test stimulus number "6", differentiation, inhibitory stimulus number "5") was 389 ± 3.2 ms, which is longer than the reaction time to a flash of light. It has been shown that the effect of complete light masking occurs when the SOA- interval is from 0 to 10 ms. When the SOA-interval

changed from 15 to 30 ms, the time of the differentiated visual-motor reaction shortened, but still remained above the control level (in the absence of light masking).

Conclusion. The probable mechanism of this phenomenon may be associated with the formation of a defective physiological phenomenon under the influence of the backward masking, which disturb the full process of the emergence of conscious sensation.

Keywords: psychology of perception, visual analyzer, visual-motor reaction, backward masking.

References

1. Ajdarkin E. K. Issledovanie osobennostej vzaimodejstviya zritel'noj i sluhovoj sistem, *Valeologiya*, **3**, 82 (2006).
2. Kostandov E. A. *Psikhoфизиология сознания I бессознательного*, 167 p. (SPb.: Piter, 2014). (In Russ.).
3. Nekhoroshkova A. N., Gribanov A. V., Deputat I. S. Sensomotornye reakcii v psihofiziologicheskikh issledovaniyah (Obzor), *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki*, **1**, 38 (2015).
4. Romanenko V. A., Kochura D. A. Psihofiziologicheskij bazis uspehnosti obucheniya studentok, *Vestnik Doneckogo nacional'nogo universiteta. Ser. A: Estestvennye*, **4**, 116 (2016).
5. Sobolev V. I., Popov M. N., Trush V. V. The independence of the latent period of a complex visual-motor reaction ("GO / NO-GO"-model) from the number and modality of differentiating inhibitory stimulus. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya, Himiya*, **5(71)**, 95 (2019).
6. Sobolev V. I. The Independence of a Simple Visual-Motor Reaction from the Preconscious Component of Sensation during Backward Masking by Two-Color Stimuli. *Experimental Psychology*, **13(2)**, 4 (2020).
7. Stull A. G., Kearney J. T. Effects of variable fatigue levels on reaction-time components, *J. Mot. Behav.*, **10, 3**, 223. (1978).
8. Woods D. L., Wyma J. M., Yund E. W. [et al.] Factors influencing the latency of simple reaction time, *Front. Hum. Neurosci.*, **9, 131**, 131 (2015).
9. Bachmann Talis. *Psychophysiology of visual masking*, 400 p. (Tartu, 1989). (In Russ.).
10. Shutova S. V., Murav'eva I. V. Sensomotornye reakcii kak harakteristika funkcional'nogo sostoyaniya CNS, *Vestnik TGU*, **13(5)**, 2831 (2013).
11. Sobolev V. I. Harakteristika prostyh psihomotornykh reakcij pri chereduyushchejsya raznomodal'noj sensornoj stimulyacii (elektromiograficheskoe issledovanie) [Features of Simple Psycho-motor Reactions during Multimodal Stimulation (electromyographic study)] *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya [Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry]*, **5 (71), 1**, 126 (2019) (In Russ.; abstr. in Engl.).
12. Sobolev V. I., Popov M. N. Measuring the Duration of the Phase of the Formation of a Physiological Phenomenon as a Predictor Of Conscious Sensation at the Visual-Motor Reaction "Go/No-Go" – Type in the Paradigm of Backward Masking. *Ekspperimental'naya psikhologiya = Experimental Psychology (Russia)*, **15, 4**, 231 (2022). DOI: <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150415> (In Russ.).
13. Aaldere-Smeets S. I., Oostenveld R., Schwarzbach J. Investigating neurophysiological correlates of metacontrast masking with magnetoencephalography, *Advances in Cognitive Psychology*, **2**, 21 (2006).
14. Clark A. A. *Theory of Sentience*, 150 p. (Oxford: Oxford University Press, 2000).
15. Ansorge U., Neumann O. Intentions determine the effect of invisible metacontrast-masked primes: Evidence for top-down contingencies in a peripheral cueing task, *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, **31, 4**, 762 (2005).
16. Breitmeyer B. G., Ogmen H. Recent models and findings in visual backward masking: A comparison, review, and update, *Perception and Psychophysics*, **62, 8**, 1572 (2000).
17. Bruchmann M., Breitmeyer B. G., Pantev C. Metacontrast masking within and between visual channels: Effects of orientation and spatial frequency contrasts, *Journ. of Vision.*, **10, 12**, 1 (2010) <http://www.journalofvision.org/content/10/6/12>
18. Özdemir R. A., Kirazcı S., Ugras A. Simple reaction time and decision making performance after different physical workloads: an examination with elite athletes, *Int. J. Human Sciences.*, **7, 2**, 655. (2010).

УДК 615.214

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-253-261

ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ И АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ *LIMONIUM GMELINII* (WILLD.) KUNTZE

Цибизова А. А., Мурталиева В. Х., Сергалиева М. У.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава
России, Астрахань, Россия
E-mail: charlina_astr@mail.ru

Настоящая статья посвящена оценке антиоксидантной и антирадикальной активности экстракта корней *Limonium gmelinii* (Willd.) Kuntze, произрастающего на территории Астраханской области. Объектом исследования послужили корни *L. gmelinii*. Содержание фенольных соединений и флавоноидов в сырье изучали спектрофотометрическим методом. Оценка антирадикальной активности фитоекстракта проводили, определяя степень ингибирования супероксид-радикала в щелочном растворе диметилсульфоксида. Антиоксидантную активность извлечения из корней *L. gmelinii* изучали на модели Fe^{+2} -индуцированного перекисного окисления арахидоновой кислоты. Было выявлено, что степень ингибирования супероксид-радикалов экстрактом корней *L. gmelinii* составила $31,25 \pm 1,12 \%$, суммарная антиоксидантная активность – $56,78 \pm 1,34 \%$. Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что перспективной является разработка лекарственного средства на основе корней кермека Гмелина (*L. gmelinii*), произрастающего в Астраханской области, для создания фитопрепаратов, обладающих антиоксидантными свойствами и антирадикальной активностью.

Ключевые слова: свободно-радикальные процессы, *Limonium gmelinii*, экстракт, фенольные соединения, флавоноиды, антиоксидантная активность.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день известно, что свободно-радикальное окисление (СРО), в частности, генерация активных форм кислорода (АФК), инициирующие перекисное окисление липидов (ПОЛ), относится к нормальным биохимическим процессам, необходимым для осуществления регуляции проницаемости мембран, механизмов зрения, нервного возбуждения и др. [1]. В физиологических условиях процессы СРО протекают с относительно низкой интенсивностью, что исключает накопление конечных продуктов ПОЛ в концентрациях, вредных для организма. Более того, продукты ПОЛ в низких концентрациях необходимы для регуляции проницаемости клеточных мембран, стабильности липопротеиновых комплексов и выполнения других функций [2].

При нарушении окислительно-восстановительного баланса между биохимическими механизмами защиты от вредного воздействия его высокорекреационноспособных продуктов свободнорадикальной природы и восстановления окислительного повреждения клеточных структур биомолекул,

возникает окисдательный стресс [3]. По этой причине не ослабевает интерес исследователей к поиску и изучению средств, проявляющих антиоксидантные эффекты в целях профилактики и лечения заболеваний, протекающих с усилением процессов СРО [4].

В этом отношении перспективными являются лекарственные растительные источники, содержащие комплекс биологически активных соединений (БАС), обладающих антиоксидантной активностью. Одной из перспективных групп БАС, обладающей антиоксидантными свойствами, являются растительные фенольные соединения (ФС) [5, 6] Научными исследованиями отмечено, что антиоксидантное действие ФС объясняется их способностью связывать ионы тяжелых металлов, образуя устойчивые комплексы, которые выступают в роли катализаторов окислительных процессов, а также вступать во взаимодействие с высокоактивными свободными радикалами, переводя последние в малоактивные. [7].

В этой связи, целью исследования явилась оценка антиоксидантной и антирадикальной активности экстрактов корней кермека Гмелина (*Limonium gmelinii* (Willd.) Kuntze) в эксперименте *in vitro*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали собранные в апреле 2023 г. в окрестностях Астраханской области корни *L. gmelinii*. Пробоподготовка корней была осуществлена согласно требованиям нормативной документации: ОФС.1.5.3.0007.15, ОФС.1.5.0003.15, ОФС.1.5.3.0004.15. Корни *L. gmelinii* высушивали, измельчали до размера частиц 2-3 мм и подвергали экстракции 70 % этанолом в соотношении сырье – экстрагент 1:10 настаиванием на водяной бане при температуре 60 °С при периодическом перемешивании в течение 3 часов.

Содержание ФС и флавоноидов в подземной части *L. gmelinii* изучали спектрофотометрически. Общее содержание ФС в сырье определяли путем добавления к 0,5 мл полученного экстракта 1 мл фосфорномолибденово-вольфрамового реактива, 10 мл воды, 10,6 % раствора Na₂CO₃ и через 30 минут измеряли оптическую плотность исследуемого раствора при λ = 760 нм, используя в качестве раствора сравнения воду. Сумму ФС в пересчете на галловую кислоту (CAS № 149-91-7, чистота основного вещества более 98 %) рассчитывали по формуле:

$$X_{\text{мг/мл}} = A_x \times m_{\text{ст}} \times 2500 / A_{\text{ст}} \times V_x,$$

где A_x – оптическая плотность исследуемого раствора; $A_{\text{ст}}$ – оптическая плотность стандартного раствора галловой кислоты; $m_{\text{ст}}$ – масса навески галловой кислоты (г), V_x – объем исследуемого экстракта (мл) [8].

Содержание флавоноидов изучали, добавляя к 2 мл экстракта корней *L. gmelinii* 2 мл 1 % раствора AlCl₃ в 95 % этаноле, 0,5 мл 33 % раствора CH₃COOH. Оптическую плотность изучаемого экстракта измеряли через 20 минут при λ = 410 нм, применяя в качестве сравнения раствор, не содержащий AlCl₃. Суммарное количество флавоноидов в исследуемом извлечении в пересчете на рутин (CAS № 5373-11-5, чистота основного вещества более 98,5 %) вычисляли по формуле:

$$X_{\text{мг/мл}} = A_x \times C_{\text{ст}} \times 5000 / A_{\text{ст}} \times V_x,$$

где A_x – оптическая плотность исследуемого раствора; $A_{ст}$ – оптическая плотность стандартного раствора рутина; $C_{ст}$ – концентрация стандартного раствора рутина (%), V_x – объем исследуемого экстракта (мл).

В целях повышения точности фитохимический анализ экстракта корней *L. gmelinii* проводили в пяти сериях. Полученные результаты обрабатывали статистически, определяли унифицированные метрологические характеристики и относительное стандартное отклонение полученных результатов (RSD, %).

Оценку антирадикальной активности фитоэкстракта проводили, используя спектрофотометрическую методику определения степени ингибирования супероксид-радикала в щелочном растворе диметилсульфоксида (ДМСО). К 50 мкл исследуемого фитоэкстракта прибавляли 3 мл щелочного раствора ДМСО (1 мл ДМСО содержит 0,1 мл 5 мМ раствора NaOH) и 0,2 мл 0,001 % раствора нитросинего тетразолия с последующей инкубацией течение 5 мин при комнатной температуре. Оптическую плотность раствора измеряли при $\lambda = 560$ нм. Антирадикальную активность экстракта рассчитывали по формуле:

$$\% \text{ ингибирования} = (A_x / A_{ст}) \times 100 \%,$$

где A_x – оптическая плотность исследуемого раствора, $A_{ст}$ – оптическая плотность стандартного образца.

Антиоксидантную активность извлечения из корней *L. gmelinii* изучали, применяя спектрофотометрический метод определения суммарной антиоксидантной активности на модели Fe^{+2} -индуцированного перекисного окисления арахидоновой кислоты. К 50 мкл исследуемого фитоэкстракта прибавляли 1,0 мл водно-этанольного раствора арахидоновой кислоты и для активации перекисного окисления 50 мкл раствора $FeSO_4$. Параллельно готовили эталонную пробу: в пробирки вместо опытной пробы добавляли 50 мкл изотонического раствора NaCl. Все пробы тщательно перемешивали и помещали на водяную баню (при $T = 37$ °C) на 20 минут, с последующим центрифугированием при 3000 об/мин в течение 10 минут. После чего к 1,0 мл центрифугата добавляли 0,5 мл 0,8 % раствора тиобарбитуровой кислоты, перемешивали и помещали на кипящую водяную баню на 15 минут, охлаждали и измеряли оптическую плотность проб при $\lambda = 532$ нм, используя в качестве раствора сравнения изотонический раствор NaCl. Расчет антиоксидантной активности (АОА) растительного экстракта проводили по формуле:

$$АОА = (A_{контр} - A_x / A_{контр}) \times 100 \%,$$

где A_x – оптическая плотность исследуемого раствора, $A_{контр}$ – оптическая плотность исследуемого образца [9]

В работе все измерения регистрировали на спектрофотометре ПЭ-5400В (Россия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Метрологическая характеристика и результаты количественного определения суммы ФС в исследуемом извлечении из корней *L. gmelinii* представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

**Метрологические данные определения фенольных соединений
в корнях *L. gmelinii***

№	Масса навески, г	Сумма ФС, мг/мл	Метрологические данные	RSD, %
1	10,01	15,24	$X_{cp} = 15,25$ $S^2 = 0,0014$ $S = 0,038$ $S_x = 0,009$ $\varepsilon = 12,37 \%$ $\varepsilon_{cp} = 5,11 \%$	2,32
2	10,00	15,24		
3	10,01	15,26		
4	10,02	15,25		
5	10,00	15,25		

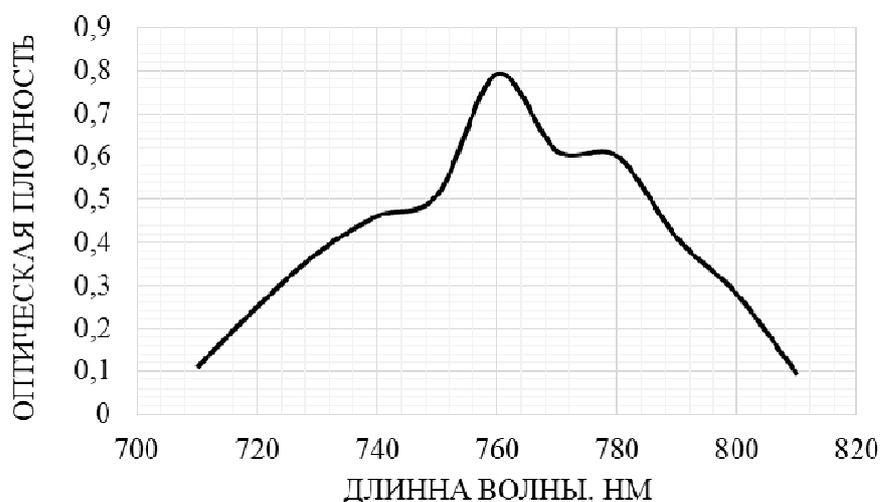


Рис. 1. Дифференциальный спектр поглощения фенольных соединений экстракта корней *L. gmelinii*.

В ходе эксперимента было выявлено, что максимум поглощения спиртового экстракта из корней *L. gmelinii* с при $\lambda = 760$ нм и оптической плотности (A) = 0,79 соответствует максимуму поглощения стандартного раствора галловой кислоты.

Принимая во внимание полученные результаты, было установлено, что максимум поглощения флавоноидов корней наблюдался при $\lambda = 410$ нм и $A = 0,51$, что соответствовало максимуму поглощения стандартного раствора рутина. По результатам спектрофотометрического анализа построен график зависимости значений оптической плотности от содержания флавоноидов в исследуемом фитоэкстракте (рис. 2).

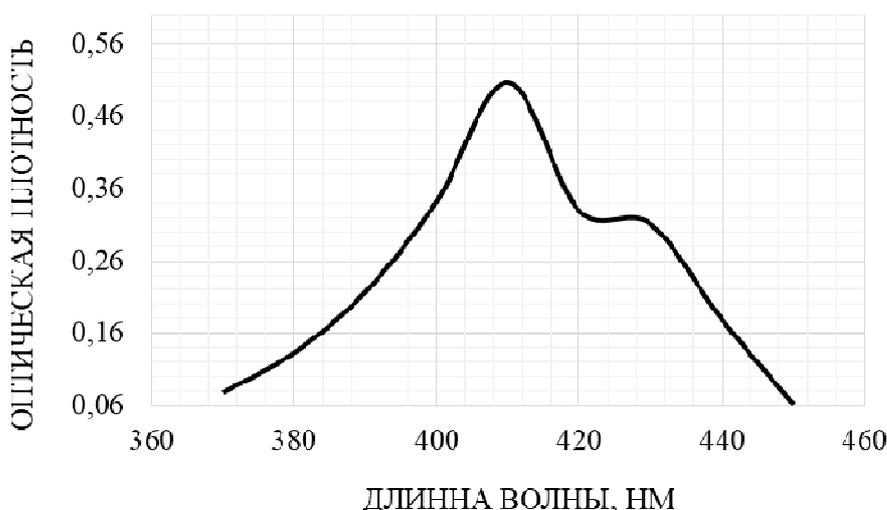


Рис. 2. Дифференциальный спектр поглощения флавоноидов экстракта корней *L. gmelinii*.

Метрологическая характеристика количественного содержания флавоноидов в сырье *L. gmelinii* представлена в таблице 2.

Таблица 2
Метрологические данные определения флавоноидов в корнях *L. gmelinii*

№	Масса навески, г	Сумма флавоноидов, мг/мл	Метрологические данные	RSD, %
1	10,01	5,98	$X_{cp} = 6,00$ $S^2 = 0,0025$ $S = 0,047$ $S_x = 0,016$ $\varepsilon = 14,75 \%$ $\varepsilon_{cp} = 7,12\%$	4,15
2	10,00	6,00		
3	10,01	6,02		
4	10,02	5,99		
5	10,00	6,01		

По результатам количественной оценки на содержание БАС экстракта корней *L. gmelinii*, произрастающих на территории Астраханской области и собранных во время фазы цветения, было выявлено, что исследуемый фитоэкстракт содержит $15,26 \pm 0,07$ мг/мл (RSD = 2,32 %) фенольных соединений и $6,02 \pm 0,02$ мг/мл (RSD = 4,15 %) – флавоноидов.

Известно, что величина АОА более 10 % свидетельствует о наличии антиоксидантной активности. При расчете АОА учитывали, что экстракт имеет свою собственную окраску, которая поглощает определенную длину волны в

видимой области спектра. В таблице 3 представлены результаты оценки антиоксидантной активности экстракта подземной части *L. gmelinii*.

Таблица 3
Антиоксидантная активность экстракта корней *L. gmelinii*

Метод АОА	АОА экстракта корней <i>L. gmelinii</i> , %
Метод ингибирования супероксид-радикала	31,25 ± 1,12
Метод ингибирования ПОЛ	56,78 ± 1,34

В целом, полученные экспериментальные данные, подтвердили наличие выраженной антиоксидантной и антирадикальной активности исследуемого фитоэкстракта. В ходе исследования было выявлено, что степень ингибирования супероксид-радикалов экстрактом корней *L. gmelinii* составила 31,25±1,12 %, суммарная АОА (степень ингибирования ПОЛ) – 56,78±1,34 %.

Высокая антиоксидантная и антирадикальная активность извлечения из корней *L. gmelinii* обусловлена особенностями химического состава и количественного содержания различных классов полифенольных соединений данного растения, которые способствуют «гашению» свободных радикалов, поглощению АФК и оказывают ингибирующее влияние на процессы ПОЛ [10, 11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что фитоэкстракт *L. gmelinii* является эффективным антиоксидантным средством, способным предотвращать развитие свободнорадикальных процессов, разрушая структуры АФК. Таким образом, полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что перспективным направлением является разработка фитопрепаратов, обладающих антиоксидантными и антирадикальными свойствами, на основе подземной части растения *L. gmelinii*, произрастающего в Астраханской области.

Список литературы

1. Габитова Д. М. Механизм развития процессов свободно-радикального окисления при патологических процессах / Д. М. Габитова // Башкирский химический журнал. – 2020. – Т. 27, № 3. – С. 32–35. doi: 10.17122/bcj-2020-3-32-35
2. Гизингер О. А. Свободнорадикальное, перекисное окисление и природные антиоксиданты / О. А. Гизингер, В. А. Дадали // Терапевт. – 2021. – № 9. – С. 36.
3. Лоскутова Е. В. Процессы липопероксидации при различных патологических состояниях и возможности их коррекции / Е. В. Лоскутова, Х. М. Вахитов, А. М. Капралова [и др.] // Вятский медицинский вестник. – 2019. – Т. 4, № 64. – С. 92–96. doi: 10.24411/2220-7880-2019-10044.
4. Мартусевич А. К. Антиоксидантная терапия: современное состояние, возможности и перспективы / А. К. Мартусевич, К. А. Карузин, А. С. Самойлов // Биорадикалы и антиоксиданты. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 5–23.

5. Габитова Д. М. Особенности антиоксидантного действия растительных флавоноидов / Д. М. Габитова, М. А. Рыжикова // Башкирский химический журнал. – 2020. – Т. 27, № 4. – С. 19–21. doi: 10.17122/bcj 2020 4 19 21.
6. Коровкина А. В. Определение содержания полифенольных компонентов, антиоксидантной и антирадикальной активности этанольных экстрактов растения *Koenigia weyrichii*, произрастающего на Кольском полуострове / А. В. Коровкина, Н. С. Цветов, О. И. Паукшта [и др.] // Химия растительного сырья. – 2021. – № 3. – С. 275–282. doi: 10.14258/jcprm.2021039226.
7. Орлов Ю. П. Патологические аспекты кислорода, гипоксии и свободнорадикального окисления при критических состояниях / Ю. П. Орлов, С. В. Свиридов, Е. Н. Какуля // Клиническое питание и метаболизм. – 2021. – Т. 2, № 2. – С. 66–79. doi: 10.17816/clinutr88951.
8. Гаврилин М. В. Определение суммы фенольных соединений в мужских соцветиях каштана посевного и оценка их противовоспалительной активности / М. В. Гаврилин, Ю. В. Гриценко, А. Ю. Терехов // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 163–166.
9. Страх Я. Л. Антиоксидантная и антирадикальная активность in vitro экстрактов из листьев *Rubus chamaemorus* L. (Rosaceae) / Я. Л. Страх, О. С. Игнатовец // Химия растительного сырья. – 2021. – № 4. – С. 319–325. doi: 10.14258/jcprm.2021049305.
10. Теплова В. В. Природные полифенолы: биологическая активность, фармакологический потенциал, пути метаболической инженерии (обзор) / В. В. Теплова, Е. П. Исакова, О. И. Кляйн [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2018. – Т. 54, № 3. – С. 215–235. doi: 10.7868/S0555109918030017.
11. Фурман Ю. В. Окислительный стресс и антиоксиданты / Ю. В. Фурман, Е. Б. Артюшкова, А. В. Аниканов // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. – 2019. – № 1. – С. 1–3.

EVALUATION OF ANTIOXIDANT AND ANTIRADICAL ACTIVITY OF *LIMONIUM GMELINII* (WILLD.) KUNTZE ROOT EXTRACT

Tsibizova A. A., Murtaliev V. Kh., Sergaliev M. U.

Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russian Federation
E-mail: charlina_ast@mail.ru

Today it is known that free-radical oxidation, in particular, generation of reactive oxygen species initiating lipid peroxidation, belongs to normal biochemical processes necessary for the regulation of membrane permeability, vision mechanisms, nerve excitation, and others. Under physiological conditions, the processes of free-radical oxidation proceed with relatively low intensity, which excludes the accumulation of end products of lipid peroxidation in concentrations harmful to the body. Moreover, lipid peroxidation products in low concentrations are necessary for regulation of cell membrane permeability, stability of lipoprotein complexes and fulfilment of other functions.

When the redox balance between biochemical mechanisms of defence against the harmful effects of its highly reactive products of free-radical nature and repair of oxidative damage to cellular structures of biomolecules is disturbed, oxidative stress occurs. For this reason, the interest of researchers to search and study the means that exhibit antioxidant effects for the prevention and treatment of diseases that occur by strengthening the processes of free-radical oxidation is not weakening.

In this respect, medicinal plant sources containing a complex of biologically active compounds with antioxidant activity are promising. One of the promising groups of biologically active compounds with antioxidant properties are plant phenolic compounds.

The roots of *L. gmelinii* collected during the flowering phase in April 2023 in the vicinity of the Astrakhan region were used in this work. The content of phenolic compounds and flavonoids in the raw material was studied by spectrophotometric method.

Assessment of antiradical activity of phytoextract was carried out using spectrophotometric method of determining the degree of inhibition of superoxide radical in alkaline dimethyl sulfoxide solution. The antioxidant activity of *L. gmelinii* root extract was studied using spectrophotometric method of total antioxidant activity determination on the model of Fe⁺²-induced peroxidation of arachidonic acid.

In general, the obtained experimental data confirmed the presence of pronounced antioxidant and antiradical activity of the studied phytoextract. The study revealed that the degree of inhibition of superoxide radicals by *L. gmelinii* root extract was 31.25±1.12 %, the total antioxidant activity was 56.78±1.34 %.

High antioxidant and antiradical activity of the extract from the roots of *L. gmelinii* is due to the peculiarities of the chemical composition and quantitative content of various classes of polyphenolic compounds of this plant, which contribute to the «quenching» of free radicals, absorption of reactive oxygen species and have an inhibitory effect on the processes of lipid peroxidation.

The results of the study indicate that the phytoextract of *L. gmelinii* is an effective antioxidant agent capable of «quenching» chain free-radical processes, destroying the structures of reactive oxygen species. Thus, the obtained experimental data indicate that it is promising to develop a medicinal product based on the roots of *L. gmelinii*, growing in the Astrakhan region, to create phytopreparations with antioxidant properties and antiradical activity.

Keywords: free-radical processes, *Limonium gmelinii*, extract, phenolic compounds, flavonoids, antioxidant activity.

References

1. Gabitova D. M. Mechanism of development of conditional radical oxidation processes in pathological processes. *Bashkir Chemical Journal*, **27(3)**, 32, (2020). doi: 10.17122/bcj-2020-3-32-35.
2. Giesinger O. A., Dadali V. A. Free radical, peroxide and adventitious antioxidants. *Therapist*, **9**, 36, (2021).
3. Loskutova E. S., Vakhitov H. M., Kapralova A.M. [et al.], Lipoperoxidation processes in various pathological conditions and degree of correlation. *Vyatka Medical Bulletin*, **4(64)**, 92, (2019). doi: 10.24411/2220-7880-2019-10044.
4. Martusevich A. K., Karuzin K. A., Samoilov A. S. Antioxidant therapy: consistent state, accessibility and prospects. *Bioradicals and antioxidants*, **5(1)**, 5, (2018).
5. Gabitova D. M., Ryzhikova M. A. The effectiveness of the antioxidant action of plant flavonoids. *Bashkir Chemical Journal*, **27(4)**, 19, (2020). doi: 10.17122/bcj 2020 4 19 21.
6. Korovkina A. S., Tsvetov N. S., Paukshta O. I. [et al.], Determination of the content of polyphenolic ingredients, antioxidant and antiadditional activity of ethanol extracts of *Koenigia weyrichii* plants produced at Colscm poluostrove. *Chemistry of vegetable cheese*, **3**, 275, (2021). doi: 10.14258/jcprm.2021039226.

7. Orlov Yu. P., Sviridov S. S., Kakulya Or. N. Pathophysiological aspects of acid, hypoxia and free radical calculation in critical conditions. *Clinical nutrition and metabolism*, 2(2), 66, (2021). doi: 10.17816/clinutr88951.
8. Gavrilin M. S., Gritsenko Yu. S., Terekhov A. Yu. Determination of the amounts of phenolic compounds in the men's Council is carried out sowing and evaluation of their anti-inflammatory activity. *Chemistry of vegetable cheese*, 3, 163, (2011).
9. Fear Ya. L., Ignatovets O. S. Antioxidant and antiradic activity in vitro extracts from the leaves of *Rubus chamaemorus* L. (Rosaceae). *Chemistry of vegetable cheese*, 4, 319, (2021). doi: 10.14258/jcprm.2021049305.
10. Teplova V. S., Isakova Or. P., Klein O. I. [et al.], Natural polyphenols: biological activity, pharmacological potential, through metabolic engineering (review). *Applied Biochemistry and microbiology*, 54(3), 215, (2018). doi: 10.7868/S0555109918030017.
11. Furman Yu. S., Artyushkova Or. B., Anikanov A. S. Oxidative stress and antioxidants. *Actual problems of social-humanitarian and scientific-technical knowledge*, 1, 1, (2019).

УДК 339.13:004.9

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-262-275

МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЖНО-ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В НЕЙРОМАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Ярош О. Б.

*Институт экономики и управления ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет
им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: iarosh.olga.cfu@gmail.com*

Анализ данных кожно-гальванической реакции (КГР) может предоставить ценную информацию об эмоциональных аспектах принимаемых потребителем решений о покупке или когнитивных оценках товара. Проведен мета-обзор литературы, который показал, что в отечественной практике практически отсутствуют комплексные методики анализа данных КГР в контексте маркетинговых стимулов. Основное различие в анализе этих биометрических показателей заключается в том, что важны не индивидуальные особенности испытуемых, а получение агрегированных оценок восприятия всей фокус-группы по таким стимулам, как реклама, упаковка товаров, восприятие сайтов и т. д. Для этого необходимо проводить ряд дополнительных процедур по нормализации данных и их усреднению. На основе систематизации зарубежных практик и литературных источников представлен алгоритм проведения нейромаркетингового биометрического исследования КГР.

Ключевые слова: кожно-гальваническая реакция, КГР, нейромаркетинг, методика обработки, индикаторы КГР, метрики КГР.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования, посвященные изучению потребительского поведения с применением методов нейромаркетинга, позволяют более глубоко понять принципы принятия решений о покупке. Известно, что ключевую роль в этом играют эмоции. Для их анализа в нейромаркетинге используются инструменты, такие как ЭЭГ, лицевое кодирование, данные кожно-гальванической реакции (КГР) и другие [1].

Изучение КГР применительно к стимулам, обладающим для испытуемых потребительской ценностью, довольно редки, хотя сам по себе данный инструмент давно используется в других науках. Исследования электродермальной активности кожи используются, среди прочего, в работах в области психотерапии, диагностике расстройств личности [2]. Анализ данных КГР может дать полезную информацию об эмоциональных аспектах принимаемых решений о покупке или когнитивных потребительских оценках товара. По мнению ряда исследователей [3] показатели КГР могут указывать на концентрацию внимания, свидетельствовать об уровне эмоционального состояния потребителя при выборе товара. В литературе появилось много разноплановых подходов и методик, позволяющих анализировать эти данные. В связи с чем целью данной статьи является обзор публикаций, систематизация методик, описывающих анализ КГР при предъявлении

маркетинговых стимулов. Поиск работ по ключевым словам (*EDA, КГР, эмоции, потребитель*) был проведен с использованием таких библиографических баз как: *eLIBRARY.ru, SCOPUS.com*. Период поиска с 2005 г по настоящее время.

1. История применения метода

Одной из первых работ, посвященных применению КГР при оценке эффективности рекламы считается работа Х. Кохана [4]. В ней было предложено производить замеры соотношения между общей реакцией КГР и средней КГР по каждому предъявляемому стимулу с отрезками записи в 10 секунд. Впервые было показано, что больший интерес к рекламе сопровождается более высокой амплитудой электродермальной активности кожи. При этом, уровень амплитуд был статистически различен у разных испытуемых, что являлось свидетельством разной физиологической адаптации к стимулам.

В работе 1986 г. проведенной А. Акером [5] и др. исследовалась связь между ощущением тепла от рекламы и физиологическим откликом кожи. С этой целью проверяли уровень кожного сопротивления при просмотре рекламы, демонстрирующей тепло по сравнению к юмористической, раздражающей или информативной рекламе. Оказалось, что визуальные образы, связанные с жаром, огнем коррелируют с уровнем физиологического возбуждения у реципиентов.

В работе В. Гахала [6] выяснялась разница в психофизиологической активности после рекламного воздействия изображений с знаменитостями. Было показано, что именно популярность, а не визуальная привлекательность, является фактором, вызывающим более сильную электродермальную реакцию. При этом, значимой асимметрии между измерениями правой и левой руки не наблюдалось. Основным измерительным методом являлось сравнение величины изменений КГР (выраженной в процентах) по отношению к максимальной амплитуде, оцененной для каждого испытательного стимула.

В исследовании А. Гроппеля-Кляйна [7] изучалось, как различные условия окружающей среды в магазинах влияют на уровень эмоционального возбуждения потребителей при совершении покупок. Исследование проводилось в овощных магазинах, один из которых был спроектирован с учетом специальной выкладки. При анализе фазовой электродермальной активности сравнивали сумму амплитуд КГР за время посещения магазина, среднюю амплитуду в минуту, частоту реакции проводимости кожи и продолжительность пребывания в данном магазине.

Одной из наиболее сложных задач является определение готовности потребителя к покупке. В 2005 г. А. Гроппель-Кляйн [7] в своей работе предложил измерять КГР как индикатор эмоционального возбуждения в магазине (в точке продаж). Им было показано, что более приятная атмосфера магазина увеличивает фазовую электродермальную активность. При этом, магазины с более интересными выкладками товаров вызывают более высокую реакцию нежели стандартные. К основным информативным метрикам, свидетельствующим о намерении покупателя приобрести товар, относят сумму амплитуд реакции КГР. В схожем исследовании, опубликованном в 2013 г. О. Сопервуори [8] было подтверждено, что эмоциональное вовлечение крайне важно при покупках, особенно, при приобретении товаров повседневного спроса. Данное исследование выполнялось в

контексте анализа цен на продукцию разных брендов. Изначально предполагалось, что при наблюдении более высокой амплитуды КГР (и, следовательно, повышенного возбуждения) при просмотре изображения товара, происходит принятие решения о покупке. Однако, эта гипотеза в рамках проведенных исследований не подтвердилась, поскольку эмоциональное возбуждение не оказало существенного влияния на решение о покупке.

В данном ключе были выполнены исследования Ж. Герейро [9], целью которых было объяснить, как когнитивные и эмоциональные реакции могут влиять на решение о покупке продуктов двух категорий – утилитарных и гедонистических. Для этого измеряли КГР и оценивали среднюю реакцию электродермальной проводимости кожи, а также среднее время ланной реакции. Оказалось, что более высокий её уровень или сокращение времени достижения максимального уровня возбуждения связаны с большей вероятностью выбора социально ответственного продукта. Таким образом, внимание и эмоциональное возбуждение являются автономными реакциями, которые влияют на эффективность продвижения этого типа продуктов.

В отдельных работах, изучение КГР использовалось для определения физиологических и вербальных реакций потребителей в отношении упаковки продукта – эти реакции рассматривались как индикаторы, позволяющие прогнозировать его выбор. Так, в исследовании Вила-Лопеса [10] КГР была изучена на разные цвета упаковок. Основными метриками, которые выделили авторы, были среднее значение КГР, минимальные и максимальные величины в определенных интервалах времени и пиковое (максимальное) значение. Результаты данной работы показали, что упаковка разных цветов (синяя, красная и черная) и с разной информацией (простой или усиленной) приводит к разным физиологическим и когнитивным реакциям, которые в конечном итоге могут повлиять на решение потребителя попробовать продукт. Оказалось, что по сравнению с вербальными оценками, физиологические реакции являются лучшим индикатором ожидаемого поведения потребителя при выборе упаковки.

В исследовании П. Боллса [11], измерялось влияние скорости рекламы на произвольное и автоматическое внимание зрителей. Эмоциональная стимуляция, измеряемая по реакции проводимости кожи, рассматривалась как один из показателей внимания. Таким образом, возможности применение КГР в нейромаркетинговых исследованиях, с одной стороны достаточно широки, а с другой – сильно фрагментарны.

В базе научной литературы *eLIBRARY.ru* практически отсутствуют работы, посвященные анализу КГР при проведении нейромаркетинговых исследований. Среди более чем 1200 работ, посвященных изучению КГР, только 6 трудов посвящены применению КГР для анализа эмоций. К ним относятся следующие научные исследования.

В работе Тумялиса А. В. и др [12] изучение КГР совмещено с анализом данных ЭЭГ применительно к изучению индивидуальных психофизиологических различий в разных группах испытуемых, разделенных на группы по частоте альфа активности, зарегистрированной предварительно на ЭЭГ. Также, комплексное изучение физиологических параметров на основе совмещения ЭЭГ, КГР, ЭКГ,

пневмограммы приведено в диссертации А. С. Вайсертрейгера [13] при изучении неосознаваемого восприятия. Напряженное состояние человека по данным КГР изучалось О. Л. Исаевой [14], как вариант диагностики стресса. Философское осмысление теории мышления и возможностей КГР обсуждается в работе С. Коровкина [15]. Психофизиологическое изучение эффективности НЛП по данным КГР приведено в работе М. В. Звонникова [16], где анализировалось переживание прошлого опыта и интенсивность вызванных при этом эмоций.

Фактически, из анализируемых работ только одна статья Звягиной Н. В. и др. [17] релевантна маркетинговому направлению, поскольку изучает КГР, ФПГ при восприятии изображений лиц разных эмоциональных состояний. Однако, такие стимулы как товар, упаковка, визуальный вид сайтов, рекламные материалы, внешний вид торговых организаций, расположение товаров на полках магазинов не рассматриваются как объект изучения в отечественных научных работах и находятся за пределами интереса российских ученых. В результате, материалы по этому направлению, в части применения конкретных методик, отдельных методов и способов анализа данных, как правило, используются в рамках коммерческих исследований, проводимых в специализированных коммерческих лабораториях. Результаты данных исследований не публикуются в силу коммерческих ограничений на их разглашение. Поэтому получение новых данных о потребительском восприятии коммерческих продуктов, особенностей принятия решений потребителей, основанное на доказательной и научной базе, практически не обсуждается. Из-за этого, до сих пор не сложилось единых методик анализа данных электродермальной активности кожи применительно к анализу маркетинговых стимулов. Несмотря на то, что этот метод известен достаточно давно, его применение в России ограничивалось использованием в полиграфических и нейрофизиологических исследованиях. Для восполнения данного пробела весьма актуальным является выстраивания методики анализа данных КГР, которые можно применять при изучении потребительского поведения, а также для измерения эффективности рекламы, потребительских предпочтений в отношении продуктов или их решения о покупке, а также выделения соответствующих метрик и индикаторов для анализа, на основе систематизации комплекса зарубежных практик и собственного опыта автора.

2. Процедура и алгоритм изучения КГР в нейромаркетинговом исследовании

Этап 1. Подготовительный.

На проведение эксперимента по изучению кожногальванической реакции очень сильно влияют такие факторы как: температура и влажность в помещении, суточный ритм и время суток, прием кофеина, лекарств или никотина, а также предшествующая физическая нагрузка [18]. Согласно рекомендациям, приведенным В. Букзайн [19] температура в помещении, где проводится эксперимент, должна быть на уровне 22–24 °С. Однако этот диапазон подходит не для всех условий – рекомендуется корректировать температуру в зависимости от сезона года и вида деятельности, которую участник выполняет во время исследования. Необходимо соблюдать баланс между слишком высокой (чрезмерное потоотделение) и слишком

холодной (недостаточное потоотделение) температурой [19]. Принимая во внимание тот факт, что, как правило, измерение КГР чаще всего проводится в лаборатории, и испытуемые сидят неподвижно, в этом случае рекомендуются более высокие температуры для получения более выраженных реакций [20]. Датчики закрепляются плотно на двух пальцах, как правило – указательном и безымянном, без перетягивания, на первой фаланге пальцев. Возникшие артефакты могут быть вызваны при условии приведения эксперимента вблизи электроприборов. Также, датчики желательно закреплять не на доминирующей руке, поскольку кожа на ней менее чувствительна и более огрубевшая. У КГР бывает две основные составляющие: тоническая и физическая. Тоническая КГР связана с медленными изменениями в фоновой проводимости кожи, а физическая – с быстрыми.

Этап 2. Экспериментальный.

Источником вариабельности полученных результатов КГР также могут быть демографические факторы, такие как возраст, пол или эмоциональное состояние. В работе Е. Зелински [21] указывается на наличие значительной отрицательной корреляционной связи между возрастом и проводимостью кожи. Так, более низкая фазовая активность у пожилых людей видна при сравнении средних реакций КГР.

Известно, что тоническая КГР генерирует постоянно меняющуюся базальную линию. Точность ее измерения будет зависеть от нескольких факторов:

1. Времени записи. Как правило, запись реакции на стимул составляет 15 секунд. При этом, задержка, которая проявляется перед непосредственной реакцией составляет 1–3 секунды. Это время не рекомендуется [22] брать в расчет при анализе амплитуды КГР.

В нейромаркетинговых исследованиях необходимо обеспечить примерно одинаковые условия для испытуемых при регистрации наблюдений КГР на отдельно взятые маркетинговые стимулы. Затем, полученные данные от всех испытуемых усредняются.

2. Частота сбора данных. Порог в оценке КГР рекомендуется устанавливать на уровне 0,05 мкСм. Отклонения сигнала выше этого порога не рекомендуется включать в анализ. Рекомендуемая частота дискретизации канала по разным литературным данным составляет 50 Гц. Безусловно, более высокие частоты дают более высокую точность измерений. Вместе с тем, можно отметить, что согласно теореме Найквиста, требуется выборка с двойной максимальной частотой ожидаемых событий. При типичном нейромаркетинговом эксперименте вполне достаточно частоты дискретизации на уровне 35 Гц.
3. Для нейромаркетинговых исследований аналогично классическим также необходимо записать фон биометрических показателей каждого из участников эксперимента. Поскольку подобные работы не несут значительно стресса для испытуемого, как в случае применения КГР в полиграфических работах, то базовый фон можно записать, дав возможность испытуемому успокоиться в течение 2–3 минут.
4. Сама запись реакций на маркетинговые стимулы с учетом записи фона не должна превышать 30 минут, поскольку усталость испытуемого будет со временем отражаться на уровне тонической КГР и вносить искажение в

итоговые результаты.

Особенности обработки полученных данных о КГР испытуемого связаны с реализацией последовательного алгоритма, который подразумевает их нормализацию для предварительного анализа. Анализ индивидуальных различий не так важен при оценке воздействия маркетинговых стимулов, поскольку для заказчиков нейромаркетинговых экспертиз важны агрегированные данные отношения выборки респондентов к какому либо стимулу: упаковки товара, сайта, внешнего вида магазина и т.д. Для этого применяются следующие методы:

– поправки на диапазон измерений, когда рассчитывается вариация параметров КГР ($KGR_{max} - KGR_{min}$). Недостаток данного метода заключается в том, что минимальные значения унифицировать по выборке испытуемых крайне затруднительно, поскольку минимальные значения и их запись сильно зависят от фона и весьма индивидуальна. Также эти данные будут определяться чувствительностью измерительного прибора, что представляет собой искусственное ограничение;

– доля самых выраженных амплитуд КГР по сравнению с минимальными значениями. Указанный подход аналогичен предыдущему и имеет серьезный недостаток: максимальные значения КГР можно получить в результате испуга, к типичным его стимулам относят хлопанье в ладоши или глубокие и резкие звуковые сигналы. Эти данные возможно использовать для определения теоретически максимального показателя КГР для конкретного испытуемого;

- стандартизация данных зачастую производится на основе среднего значения КГР и его стандартного отклонения. Данный подход наиболее оптимальный. В работах В. Букзайна [19, 22], указывается на то, что средний показатель обычно равен 50 кОм, а стандартное отклонение 10 кОм;

– исправление дрейфа в показателях КГР является важным артефактом, который необходимо контролировать, является смещение базальной линии тонической КГР вверх. Данный показатель является признаком накопления стресса и представляет собой разницу между пиком КГР и фоновыми показателями, которые фиксировались в начале записи. Поэтому принято нормализовать КГР по соотношению к фону, а не в рамках каждого стимула. Исправление дрейфа возможно на основе введения в эксперимент периодических периодов отдыха, которые можно использовать как калибровочные точки.

Этап 3. Индикаторы и метрики.

1. Оценка латентного периода (задержка) в секундах оценивается как период от момента предъявления раздражителя (стимула) до возникновения реакции, как правило, этот период не превышает 1–4 с.
2. Оценка времени нарастания (с) представляет собой интервал между началом реакции проводимости кожи (КГР) и ее пиком. Обычно используемой мерой является 50 % времени восстановления, которое выявляет время между появлением пика КГР и точкой, в которой возникает 50 % от амплитуды КГР, что равняется периоду времени, когда сигнал уменьшается на 50 % [23].
3. Оценка времени восстановления, которая составляет временной интервал между пиком КГР и до точки полного восстановления её амплитуды. Параметр может быть спорным, поскольку время восстановления растянуто по времени и

зависит от индивидуальных особенностей испытуемого, кроме того существует риск, что КГР может не вернуться к начальному уровню до начала действия следующего стимула, поэтому в литературе [24] широко используется замещающий параметр – половина времени восстановления или временной интервал между пиком КГР и точкой 50 % от восстановления амплитуды КГР.

4. Оценка самой большой амплитуды по каждому стимулу вычисляется, как разница между пиковой реакцией и нижней точкой перед пиком. Метод достаточно спорный из-за особенностей определения максимальной точки, о чем упоминалось выше.
5. Расчет средней амплитуды по всем стимулам. Данный параметр может быть полезным при нормализации данных. Также могут быть посчитаны средняя амплитуда КГР в минуту и значения средних величин амплитуды КГР для конкретного события по всей выборке испытуемых.
6. Амплитудная оценка, включающая разнонаправленные измерения: суммы, разницы между пиками КГР и оценке их стандартного отклонения.
7. Оценка количества пиков КГР в минуту (ед./мин.), площадь значимых реакций КГР по каждому стимулу. В случае скачка сигнала возможна интерпретация – наличие сильной эмоциональной реакции и стресса.
8. Нормализация исходных значений, которая позволяет оценить эмоциональное и психологическое возбуждение [25].
9. Общая частота проявления значимых реакций КГР по стимулу, измеряемая в процентах, оценивается по соотношению: (1)

$$\text{Частота проявления реакции по стимулу, \%} = \frac{S_{\text{значимых КГР}}}{S_{\text{общую КГР}}} \times 100\% \quad (1)$$

где $S_{\text{значимых КГР}}$ – площадь значимых КГР; $S_{\text{общая КГР}}$ – общая площадь КГР.

10. Оценка количества событий на основе расчета числа реакций КГР за выбранный период времени.

Сами по себе амплитуды фазической КГР указывают на следующие закономерности, отмеченные в работе В. Букзайн [19]:

- чем важнее стимул для испытуемого, чем сильнее реакция и дольше период восстановления;
- чем значимей амплитуда фазической КГР, тем сильнее эмоциональное возбуждение;
- чем больше времени восстановления фазической КГР, тем сильнее внимание к конкретному стимулу.

Этап 4. Методы статистического анализа полученных данных.

Перед проведением анализа рекомендуется изучить все наборы данных на предмет показателей асимметрии, эксцесса и неоднородности дисперсии. Если эти размеры удовлетворительны, то никаких поправок вносить не нужно. Выявление неоднородности дисперсии может быть выявлено с помощью критерия Ливиня. При подтверждении неоднородности необходимо проводить нормализацию индивидуальных различий по соотношению амплитуд КГР (2):

$$КГР_{\text{норм}} = (КГР_{\text{тек}} - КГР_{\text{мин}}) / (КГР_{\text{макс}} - КГР_{\text{мин}}), \quad (2)$$

где $КГР_{\text{норм}}$ – нормализованное значение КГР;
 $КГР_{\text{тек}}$ – текущее значение КГР на конкретный стимул;
 $КГР_{\text{макс}}$ – максимальное значение КГР;
 $КГР_{\text{мин}}$ – минимальное значение КГР.

Как правило, массивы показателей КГР отличающихся от нормального, признаки асимметрии и эксцесса. Убедиться в этом можно, проведя тест Колмогорова-Смирнова или для малых выборок Шапиро-Уилкса. Среди наиболее часто встречаемых в научной литературе методов обработки данных КГР относятся следующие.

1. Описательная статистика для несвязанных выборок вычисляется в порядковой шкале. Сначала вычисляется медиана, далее рассчитываются частоты встречаемости анализируемых признаков.
2. Анализ средних значений для парных выборок, который позволяет изучить воздействие какого либо стимула в разрезе гендерных различий U тест Манна-Уитни.

Мерой величины эффекта для U-критерия Манна-Уитни является r , который рассчитывается с использованием статистического значения Z и n_1, n_2 – общее количество наблюдений в обеих группах:

$$r = \frac{|Z|}{\sqrt{n_1 + n_2}} \quad (3)$$

Показатель r имеет следующую интерпретацию:

Ниже 0.1 – нет эффекта;
 $r < 0.1-0.3$ – небольшой эффект;
 $r < 0.3-0.5$ – умеренный эффект;
 $r = 0.5$ и выше – большой эффект [26].

3. Дисперсионный однофакторный анализ для непараметрических данных. Включает проведение H-теста Краскала-Уоллеса. Его можно использовать в тех случаях, когда нарушаются предположения одностороннего ANOVA, например, зависимая переменная измеряется в порядковой шкале. Тест похож на U-тест Манна-Уитни, но он используется для сравнения оценок в трех или более группах. Поскольку H-тест Краскала-Уоллеса не требует нормальности распределения данных, он позволяет сравнивать не средние показатели, а их ранги. Процедура включает упорядочивание наблюдений от наименьшего к наибольшему и присвоение им рангов [27]. Величина эффекта для H-теста Краскала-Уоллеса рассчитывается по такой же процедуре как для U-теста Манна-Уитни.
4. Корреляционный анализ, также достаточно часто применяется для анализа взаимосвязей между переменными. Из-за непараметрической природы данных о кожно-гальванической реакции, рассчитываются коэффициенты корреляции по Спирмену.

Обобщение данных, приведенных в литературе, применительно к используемым показателям в нейромаркетинге и применяемым методам анализа данных в этой предметной области знаний приведено в таблице 1.

Таблица 1
Метрики и методики анализа показателей кожно-гальванической реакции,
применяемые в нейромаркетинговых исследованиях

Автор	Метрика для анализа	Интерпретация	Метод анализа данных/ объект изучения	Количество участников эксперимента
С. Эрган [28]	Оценка количества пиков КГР в минуту и их амплитуды	Состояние стресса	Описательная статистика / Виртуальные прототипы дизайна архитектурных объектов	44
Д. Ким [29]	Оценка нормализованных значений КГР	Эмоциональное возбуждение	Описательная статистика / Потребительские товары	12
И. Лю [30]	Оценка нормализованных значений КГР	Психическое возбуждение	Корреляционный анализ, анализ средних значений, ANOVA / Принятие решений	19
Л. Макчиони [31]	Оценка максимального, минимального и среднего уровня, количество положительных пиков фазической КГР	Эмоциональное возбуждение, когнитивное усилие	Регрессионный и ANOVA / Дизайн упаковки, потребительские товары	43
Т. Нгуен [32]	Оценка вариации КГР, разницы между максимальными и минимальными значениями	Когнитивное усилие	Описательная статистика, AVONA, Корреляционный анализ/ Дизайн упаковки	33
Р. Шмитт [33]	Нормализованное значение КГР	Эмоциональное возбуждение	Дисперсионный анализ, описательная статистика / Фотографии продукции автомобильной промышленности	14

По данным систематизации литературных источников можно заметить, что при исследовании КГР достаточность группы участников находится на уровне от 12 до 44 человек. При этом, для проведения корреляционного анализа выборка может быть около 33 испытуемых, а регрессионный анализ требует увеличение выборки больше 40 человек. Большинство применяемых статистических тестов, которые проводятся при получении агрегированных результатов связаны с первичной

нормализацией данных. При анализе средних значений и возможности теста Манна – Уитни, предполагают малые выборки от 6 человек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении отметим, что указанные виды статистических тестов могут быть реализованы в программной среде SPSS, специально ориентированной на социальные и экономические исследования. Предлагаемый алгоритм комплексного анализа потребительского поведения по данным кожногальванической реакции позволяют сформировать методологический каркас для исследования разных маркетинговых стимулов на основе сформированной доказательной статистической базы, являющейся основой для проведения подобных исследований.

Список литературы

1. Romanowski R. Managing Economic Innovations – Methods and Instruments / Romanowski R. – Poznań: Bogucki Wyd. Nauk., 2019. DOI: 10.12657/9788379862771-5
2. Лебедев А. Н. Личность в системе маркетинговых коммуникаций : монография / А. Н. Лебедев, О.В. Гордякова. – Москва : Институт психологии РАН, 2015. – 303 с.
3. Figner B. Using skin conductance in judgment and decision making research / Figner B., Murphy R. O. In: Schulte-Mecklenbeck M., Kuehberger A., Ranyard R. (Eds.) A handbook of process tracing methods for decision research: A critical review and user's guide. – New York: Psychology Press, 2011. – P. 163–184.
4. Kohan X. A Physiological Measure of Commercial Effectiveness / Kohan X // Journal of Advertising Research. – 1968. – Vol. 8, No. 4. – P. 46–49. Available at: <http://search.ebscohost.com.00002bwy0bc0.han3.ue.poznan.pl/login.aspx?direct=true&db=bsu&AN=5230256&lang=pl&site=ehost-live>
5. Aaker D. A. Warmth in Advertising: Measurement, Impact, and Sequence Effects / Aaker D. A., Stayman D. M., Hagerty M. R. // Journal of Consumer Research. – 1986. – Vol. 12, No. 4. – P. 365–381. DOI: 10.1086/208524
6. Gakhil B. Examining the influence of fame in the presence of beauty: an electrodermal "neuromarketing" study / Gakhil B., Senior C. // Journal of Consumer Behaviour. – 2008. – Vol. 7, No. 4–5. – P. 331–339. DOI: /10.1002/cb.255
7. Groeppel-Klein A. Arousal and consumer in-store behavior / Groeppel-Klein A // Brain Research Bulletin. – 2005. – Vol. 67, No. 55. – P. 428–437. DOI: 10.1016/j.brainresbull.2005.06.012
8. Somervuori O. Purchase Behavior and Psychophysiological Responses to Different Price Levels / Somervuori O., Ravaja N. // Psychology and Marketing. – 2013. – Vol. 30, No. 6. – P. 479–489. DOI:10.1002/mar
9. Guerreiro J. Attention, emotions and cause-related marketing effectiveness / Guerreiro J., Rita P., Trigueiros D. // European Journal of Marketing. – 2015. – Vol. 49, No. 11–12. – P. 1728–1750. DOI: 10.1108/EJM-09-2014-0543
10. Vila-López N. Consumers' physiological and verbal responses towards product packages: Could these responses anticipate product choices? / Vila-López N., Küster-Boluda I. // Physiology and Behavior. – 2018. – Vol. 200. – P. 166–173. DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.03.003
11. Bolls P. D. The effects of television commercial pacing on viewers' attention and memory / Bolls P. D., Muehling D. D., Yoon K. // Journal of Marketing Communications. – 2003. – Vol. 9, No. 1. – P. 17–28. DOI: 10.1080/1352726032000068032
12. Индивидуальная частота альфа-активности и переживание положительных и отрицательных эмоций / А. В. Тумялис В. В., Коренек, И. В. Брак [и др.] // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2010. – Т. 30, № 4. – С. 132–142.
13. Вайсертрейгер А. С. Р. Комплексное исследование динамики физиологических показателей у человека при восприятии сенсорных эмоциогенных стимулов : специальность 03.03.01

- "Физиология" : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Вайсертрейгер Анна Саша-Рувиновна, 2018. – 192 с.
14. Исаева О. Л. Метод определения стрессового состояния человека для систем видеонаблюдения / О. Л. Исаева, Р. Р. Ключникова // Вестник Югорского государственного университета. – 2021. – № 3(62). – С. 68–75. DOI 10.17816/byusu20210368-75.
 15. Коровкин С. Ю. Экспериментальные исследования эмоций в мышлении в смысловой теории мышления / С. Ю. Коровкин // Вестник Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова. Серия Гуманитарные науки. – 2018. – № 2(44). – С. 92–96.
 16. Эффективность трансформации внутренних образов в психотерапевтическом процессе / В. М. Звоников, А. Н. Чистяков, А. В. Киренская, В. В. Мямлин // Вестник восстановительной медицины. – 2009. – № 2(30). – С. 37–41.
 17. Эффекты воздействия изображений лиц с разными эмоциями на функциональное состояние организма / Н. В. Звягина, И. В. Старцева, М. Н. Гурьева, К. Мохамад-Сохиб // Естественные и математические науки в современном мире. – 2016. – № 7(42). – С. 7–13.
 18. Bell L. Beyond self-report: A re-view of physiological and neuroscientific methods to investigate consumer behavior // Bell L., Vogt J., Willemse C., Routledge T., Butler L.T., Sakaki M. // *Frontiers in Psychology*. – 2018. – No 9. – P. 1–16. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.01655
 19. Boucsein W. *Electrodermal activity: Second edition* / Boucsein W. – Springer Science: Business Media. – New York, 2012. DOI: 10.1007/978-1-4614-1126-0
 20. Lajante M. Opening the “black box” of elec-trodermal activity in consumer neuroscience research / Lajante M., Droulers O., Dondaine T., Amarantini D. // *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics* – 2012. – No 5 (4). – P. 238–249. DOI: 10.1037/a0030680
 21. Zelinski E. M. Orienting Task Effects on EDR and Free Recall in Three Age Groups / Zelinski E. M., Walsh D. A., Thompson L. W. // *Journal of Gerontology*. – 1978. – No 33(2). – P. 239–245. Available at: <https://pdfs.semanticscholar-ar.org/a8c5/260d66b7f5e32120611e05b795130a0ed65b.pdf>
 22. Boucsein W. L Publication recommendations for electrodermal measurements / Boucsein W., Fowles D. C., Grimnes S., Ben-Shakhar G., Roth W. T., Dawson M. E., & Filion D. L. // *Psychophysiology*. – 2012. – No 49. – P. 1017–1034.
 23. Dawson M. E The Electrodermal System / Dawson M. E., Cacioppo J. T., Tassinary L. G., and Bernston G. B. // *Handbook of Psychophysiology (2nd Ed): Cambridge Press, Cambridge*. – 2001. – P. 200–223.
 24. Sosnowski T. *Metody psychofizjologiczne w badaniach psychologicznych* / Sosnowski T., Zimmer. – K. Warszawa: PWN–Scientific Publishing House, 1993.
 25. Braithwaite J. J. A guide for analysing electrodermal activity (EDA) & skin conductance responses (SCRs) for psychological experiments / Braithwaite J. J., Watson D. G., Jones R., & Rowe M. – 2015. – Retrieved from <https://www.biopac.com/wp-content/uploads/EDA-SCR-Analysis.pdf>
 26. Białowąs S. *Experimental design and biometric research. Toward innovations* / Białowąs S. Pierański, Bartłomiej S., A. Reshetkova, Blazenska, 2021
 27. Verma J. P. *Testing statistical assumptions in research* / Verma J. P., & Abdel-Salam G. A.-S.: John Wiley & Sons, Inc, 2019.
 28. Ergan S. Quantifying human experience in architectural spaces with integrated virtual reality and body sensor networks / Ergan S., Radwan A., Zou Z., Tseng H. A. and Han X. // *Journal of Computing in Civil Engineering*. – 2019. – No 33. – P. 4018062.
 29. Kim J. Emotion finds a way to users from designers: assessing product images to convey designer’s emotion / Kim J., Bouchard C., Ryu H., Omhover J. F. and Aoussat A. // *Journal of Design Research*. – 2012. – No 10. – P. 307–323.
 30. Liu Y. A fuzzy psycho-physiological approach to enable the understanding of an engineer’s affect status during CAD activities / Liu Y., Ritchie J. M., Lim T., Kosmadoudi Z.-Sivanathan A and Sung RC: *Computer-Aided Design*, 2014. – No 54. – P 19–38.
 31. Maccioni L. Value perception of green pro-ducts: an exploratory study combining conscious answers and unconscious behavioral aspects / Maccioni L, Borgianni Y and Basso D. *Sustainability*. – 2019. – No. 11. – P. 1226.
 32. Nguyen T. A Effects of stress and effort on self-rated reports in experimental study of design activities / Nguyen T. A. and Zeng Y. // *Journal of Intelligent Manufacturing*. – 2017. – No 28. – P. 1609–1622.

33. Schmitt R. Objectifying user attention and emotion evoked by relevant perceived product components / Schmitt R., Köhler M., Durá J. V. and Diaz-Pineda J. // Journal of Sensors and Sensor Systems. – 2014. – No. 3. – P 315–324.

METHODOLOGY FOR PROCESSING SKIN CONDUCTANCE RESPONSE (SCR) INDICATORS IN NEUROMARKETING RESEARCH

Yarosh O. B.

*Institute of Economics and Management, Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky, Laboratory of Neuromarketing and Behavioral Economics. Simferopol, Republic of Crimea, Russia
E-mail: iarosh.olga.cfu@gmail.com*

The analysis of skin conductance data can provide valuable information about the emotional aspects of consumer decision-making or cognitive evaluations of products. A meta-review of the literature revealed a lack of comprehensive methodologies for analyzing skin conductance data in the context of marketing stimuli in domestic practice. The main difference in the analysis of these biometric data is that individual characteristics of participants are not important, but rather obtaining aggregated perception ratings from the entire focus group for stimuli such as advertising, product packaging, website perception, etc. This requires a series of additional procedures for normalizing and averaging the data. Based on the systematization of foreign practices and literary sources, an algorithm for conducting neuromarketing biometric research is presented with the determination of informative indicators and metrics for such analysis. It includes four main stages.

During the preparatory stage of the experiment, important factors and conditions for conducting the experiment are discussed: humidity, temperature regime features, participant preparation, skin conductance sensor application mechanisms, and artifact handling.

The second stage discusses factors influencing measurement accuracy, optimal recording time, participant conditions, data collection frequency, technical aspects of filtering indicators, background recording specifics, optimal tonic skin conductance fixation time, and primary data processing based on the following algorithm: adjustments for measurement range when calculating parameter variations; the proportion of the most pronounced skin conductance response amplitudes compared to minimum values; data standardization based on mean skin conductance values and standard deviation; methods for correcting drift in skin conductance indicators and artifact control methods.

The third stage considers indicators and metrics for evaluating skin conductance response, including: assessment of latent recording period, rise time assessment in seconds representing the interval between the start of skin conductance response and its peak; recovery time assessment; assessment of the largest amplitude for each stimulus; calculation of average amplitude across all stimuli; amplitude assessment involving different measurements: sums, differences between skin conductance response peaks, and estimation of their standard deviation; assessment of the number of skin conductance response peaks per minute, area of significant skin conductance reactions per stimulus;

normalization of raw values to evaluate emotional and psychological arousal; comparison of the number of positive peaks of the phase level of skin conductance signal with standardized values; overall frequency of significant skin conductance reactions per stimulus measured in percentages; assessment of the number of events based on calculating the number of skin conductance reactions within a selected time period.

The fourth stage presents methods for statistical processing of skin conductance response data. It is shown that such arrays of indicators typically have a non-normal distribution, so non-parametric tests are provided for their processing, along with rules for their application and key coefficients.

Based on data obtained from literary sources, the optimal number of participants for conducting various types of analysis is presented. The proposed algorithm for comprehensive analysis of consumer behavior based on skin conductance response data allows for the formation of a methodological framework for studying various marketing stimuli based on establishing an evidence-based statistical foundation for conducting such research.

Keywords: skin conductance response, SCR, neuromarketing, processing methodology, SCR indicators, SCR metrics.

References

1. Romanowski R. *Managing Economic Innovations – Methods and Instruments*. DOI: 10.12657/9788379862771-5. (Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, 2019).
2. Lebedev A. N., Gordyakova O. V. *Personality in the System of Marketing Communications*: Monograph. 303 (Moscow, Institute of Psychology RAS, 2015).
3. Figner B., Murphy R. O. Using skin conductance in judgment and decision making research. In: Schulte-Mecklenbeck M., Kuehberger A., Ranyard R. (Eds.), *A Handbook of Process Tracing Methods for Decision Research: A Critical Review and User's Guide*, 163–184. (Psychology Press, New York, 2011).
4. Kohan X. A Physiological Measure of Commercial Effectiveness, *Journal of Advertising Research*, **8**(4), 46–49. (1968) Retrieved from <http://search.ebscohost.com.00002bwy0bc0.han3.ue.poznan.pl/login.aspx?direct=true&db=bsu&AN=5230256&lang=pl&site=ehost-live>.
5. Aaker D. A., Stayman D. M., Hagerty M. R. Warmth in Advertising: Measurement, Impact, and Sequence Effects, *Journal of Consumer Research*, **12**(4), 365 (1986). Access mode: DOI: 10.1086/208524.
6. Gakhil B., Senior C. Examining the influence of fame in the presence of beauty: an electrodermal "neuromarketing" study. *Journal of Consumer Behaviour*, **7**(4–5), 331 (2008). Access mode: DOI: 10.1002/cb.255.
7. Groeppel-Klein A. Arousal and consumer in-store behavior, *Brain Research Bulletin*, **67**(55), 428 (2005). DOI: 10.1016/j.brainresbull.2005.06.012.
8. Somervuori O., Ravaja N. Purchase Behavior and Psychophysiological Responses to Different Price Levels, *Psychology and Marketing*, **30**(6), 479 (2013). DOI: 10.1002/mar.
9. Guerreiro J., Rita P., Trigueiros D. Attention, emotions and cause-related marketing effectiveness. *European Journal of Marketing*, **49** (11–12), 1728 (2015). DOI: 10.1108/EJM-09-2014-0543.
10. Vila-López N., Küster-Boluda I. Consumers' physiological and verbal responses towards product packages: Could these responses anticipate product choices? *Physiology and Behavior*, **200**, 166 (2018). DOI: 10.1016/j.physbeh.2018.03.003.
11. Bolls P. D., Muehling D. D., Yoon K. The effects of television commercial pacing on viewers' attention and memory, *Journal of Marketing Communications*, **9**(1), 17 (2003). DOI: 10.1080/1352726032000068032.

12. Tummyalis A. V., Korenek V. V., Brak I. V. Individual alpha activity frequency and experience of positive and negative emotions, *Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, **30**(4), 132 (2010)
13. Weisertreiger A. S. R. *Comprehensive study of the dynamics of physiological indicators in humans during the perception of sensory emotion-inducing stimuli*: specialty 03.03.01 "Physiology": dissertation for the degree of candidate of biological sciences, 192, (2018).
14. Isaeva O. L., Kluchnikova R. R. Method for determining the stress state of a person for video surveillance systems, *Bulletin of the Yugra State University*, **3**(62), 68 (2021). DOI: 10.17816/byusu20210368-75.
15. Korovkin S. Yu. Experimental studies of emotions in thinking in the semantic theory of thinking, *Bulletin of Yaroslavl State University named after P. G. Demidov, Series Humanities Sciences*, **2**(44), 92 (2018).
16. Zvonikov V. M., Chistyakov A. N., Kirenskaya A. V., Myamlin V. V. Efficiency of transforming internal images in the psychotherapeutic process, *Bulletin of Restorative Medicine*, **2**(30), 37 (2009).
17. Zvyagina N. V., Startseva I. V., Guryeva M. N., Mohamad-Sokhib K. Effects of images of faces with different emotions on the functional state of the body. *Natural and Mathematical Sciences in the Modern World*, **7**(42), 7 (2016).
18. Bell L., Vogt J., Willemsse C., Routledge T., Butler L. T., Sakaki M. Beyond self-report: A review of physiological and neuroscientific methods to investigate consumer behavior, *Frontiers in Psychology*, **9**, 1 (2018). DOI:10.3389/fpsyg.2018.01655
19. Boucsein W. *Electrodermal activity: Second edition*. Springer Science. (Business Media, New York, 2012). DOI: 10.1007/978-1-4614-1126-0
20. Lajante M., Droulers O., Dondaine T., Amarantini D. Opening the "black box" of electrodermal activity in consumer neuroscience research, *Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics*, **5**(4), 238 (2012). DOI: 10.1037/a0030680
21. Zelinski E. M., Walsh, D. A., Thompson, L. W. Orienting Task Effects on EDR and Free Recall in Three Age Groups, *Journal of Gerontology*, **33**(2), 239 (1978). Access mode: <https://pdfs.semanticscholar.org/a8c5/260d66b7f5e32120611e05b795130a0ed65b.pdf>
22. Boucsein W., Fowles D. C., Grimnes S., Ben-Shakhar G., Roth W. T., Dawson, M. E., Filion D. L.. Publication recommendations for electrodermal measurements, *Psychophysiology*, **49**, 1017 (2012)
23. Dawson M. E., et al. The Electrodermal System. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. B. Bernston (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (2nd Ed), Cambridge Press, Cambridge, 200–223. (2001).
24. Sosnowski T., Zimmer K. *Metody psychofizjologiczne w badaniach psychologicznych*. (Warszawa: PWN-Scientific Publishing House, 1993).
25. Braithwaite J. J., Watson D. G., Jones R., Rowe M. *A guide for analysing electrodermal activity (EDA) & skin conductance responses (SCRs) for psychological experiments*. (2015). Access mode: <https://www.biopac.com/wp-content/uploads/EDA-SCR-Analysis.pdf>
26. Białowas S., Pierański B., Szyszka A., Reshetkova A., Bercik J., Żmuk B., Knezevic B. Experimental design and biometric research: Toward innovations. (2021).
27. Verma J. P., Abdel-Salam G. A.-S. *Testing statistical assumptions in research*. (John Wiley & Sons, Inc., 2019).
28. Ergan S., Radwan A., Zou Z., Tseng H. A., & Han X. Quantifying human experience in architectural spaces with integrated virtual reality and body sensor networks, *Journal of Computing in Civil Engineering*, **33** (04018062) (2019).
29. Kim J., Bouchard C., Ryu H., Omhover J. F., Aoussat A. Emotion finds a way to users from designers: Assessing product images to convey designer's emotion, *Journal of Design Research*, **10**, 307 (2012).
30. Liu Y., Ritchie J. M., Lim T., Kosmadoudi Z., Sivanathan A., Sung R. C. A fuzzy psychophysiological approach to enable the understanding of an engineer's affect status during CAD activities. *Computer-Aided Design*, **54**, 19 (2014).
31. Maccioni L., Borgianni Y., Basso D. Value perception of green products: An exploratory study combining conscious answers and unconscious behavioral aspects, *Sustainability*, **11**, 1226 (2019).
32. Nguyen T. A., Zeng, Y. Effects of stress and effort on self-rated reports in experimental study of design activities, *Journal of Intelligent Manufacturing*, **28**, 1609 (2017).
33. Schmitt R., Köhler M., Durá J. V., Diaz-Pineda J. Objectifying user attention and emotion evoked by relevant perceived product components, *Journal of Sensors and Sensor Systems*, **3**, 315 (2014).

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 10 (76). 2024. № 1. С. 276–284.

УДК 546.742:547.775:543.442.3

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-276-284

КООРДИНАЦИОННОЕ СОЕДИНЕНИЕ НИКЕЛЯ(II) С АЗОМЕТИНОВЫМ ПРОИЗВОДНЫМ 3-МЕТИЛ-1-ФЕНИЛ-4-ФОРМИЛПИРАЗОЛ-5-ОНА И 2-ФТОРАНИЛИНА

Балуда Ю. И.¹, Гусев А. Н.², Шульгин В. Ф.², Крюкова М. А.³

¹ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН, Черноголовка, Россия

²Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Россия

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: shulvic@gmail.com

Синтезирован, охарактеризован и исследован методом рентгеноструктурного анализа комплекс никеля(II) с лигандом – основанием Шиффа, полученным путем конденсации 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-она и 2-фторанилина (HL). Установлено, что данный комплекс обладает дискретным молекулярным строением, составом $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_2\text{L}_2]$ и содержит гексакоординированный ион никеля в октаэдрическом окружении. Участие координированных молекул воды в образовании водородных связей приводит к формированию супрамолекулярной 1D-структуры.

Ключевые слова: никель, основания Шиффа, 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-он, PCA.

ВВЕДЕНИЕ

Основания Шиффа – широко применяемый в координационной химии класс лигандов [1]. Достоинствами этих соединений являются доступность их предшественников, простота синтеза, широкие возможности для модификации структуры. Последнее особенно важно, поскольку дает возможность варьируя количество и топологию хелатирующих групп, вводя заместители с различными свойствами, используя стерические эффекты задавать структуру конечных комплексов. В свою очередь, геометрия координационного полиэдра, ядерность, супрамолекулярная организация координационных соединений являются определяющими факторами для проявления тех или иных значимых свойств [2–6]. В частности, особенно сильно эти факторы сказываются на магнитных свойствах соединений, в том числе молекулярно-магнитных [7]. Ранее в рамках нашей работы были получены и исследованы с точки зрения структуры и магнитных свойств ряд комплексов Ni^{2+} кубанового типа с тридентатным азометиновым лигандом на основе 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-она и 2-аминофенола [8], а также

моноядерные комплексы Ni^{2+} и Co^{3+} с аналогичным лигандом на основе 4-бензоил-3-метил-1-фенилпиразол-5-она [9]. В продолжение этой серии логичным было исследовать координацию ионов 3d-металлов с бидентатными лигандами такого типа, для чего использовать в качестве аминного компонента производные анилина, не содержащие дополнительных донорных атомов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Синтез лиганда HL. К 0,605 г (3 ммоль) 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-она (получен согласно [10]), растворенного в 15 мл кипящего этанола, прибавили при перемешивании 0,335 г (3 ммоль) 2-фторанилина в 5 мл этанола. Раствор продолжили перемешивать при кипении с обратным холодильником, и через 30 минут выпал обильный желтый кристаллический осадок. Спустя еще 1,5 часа смесь упарили до 2–3 мл, охладили, отфильтровали; кристаллы промыли на фильтре небольшим количеством холодного этанола, высушили на воздухе. Получено 0,830 г вещества HL (2.81 ммоль), выход 94 %.

Найдено, %: С – 69,22; %: Н – 4,49; N – 14,47. Для состава $C_{17}H_{14}FN_3O$ вычислено, %: С – 69,14; %: Н – 4,78; N – 14,23.

ИК-спектр ($\nu_{\text{макс}}$, cm^{-1}): 1658 (с), 1626 (с), 1593 (ср), 1583 (ср), 1549 (ср), 1522 (ср), 1498 (ср), 1470 (ср), 1416 (сл), 1366 (ср), 1353 (ср), 1325 (ср), 1287 (с), 1234 (с), 1186 (с), 1097 (ср), 1049 (ср), 1007 (ср), 952 (ср), 905 (сл), 840 (сл), 799 (ср), 748 (оч.с), 690 (с), 666 (с), 580 (с), 507 (ср), 495(ср), 424 (ср).

Синтез комплекса $[Ni(H_2O)_2L_2]$. К 0,295 г (1 ммоль) лиганда HL, растворенного в 20 мл кипящего ацетонитрила, прибавляли 0,125 г (0.5 ммоль) ацетата никеля(II) тетрагидрата и 0,139 мл триэтиламина (0,101 г, 1 ммоль). Раствор, изначально желтого цвета, менял окраску на салатовую. Смесь перемешивали при кипении 15 минут, упарив приблизительно до 10 мл, затем отфильтровали горячей и оставили для кристаллизации. В течение нескольких часов из раствора выпадали зеленые кристаллы ромбической формы, пригодные для PCA.

Найдено, %: С – 60,07; %: Н – 4,36; N – 12,21. Для состава $C_{34}H_{30}F_2N_6NiO_4$ вычислено, %: С – 59,76; %: Н – 4,43; N – 12,30.

ИК-спектр ($\nu_{\text{макс}}$, cm^{-1}): 3619 (сл), 1626 (ср), 1595 (ср), 1586 (ср), 1531 (ср), 1493 (с), 1456 (ср), 1393 (сл), 1354 (ср), 1339 (ср), 1238 (ср), 1187 (ср), 1098 (сл), 1064 (сл), 1029 (сл), 1000 (сл), 970 (сл), 924 (сл), 854 (сл), 818 (ср), 750 (с), 693 (ср), 676 (ср), 625 (ср), 585 (ср), 556 (ср), 510 (ср), 494 (ср), 440 (ср).

Элементный анализ выполнен на автоматическом CHN-анализаторе Euro Vector EuroEA 3000. ИК-спектры записаны на ИК-спектрометре с Фурье-преобразованием Perkin Elmer Spectrum Two, снабженном приставкой НПВО, в диапазоне 4000 – 400 cm^{-1} . Спектры диффузного отражения поликристаллических образцов в УФ- и видимом диапазонах регистрировали на спектрофотометре Cintra 4040. Термогравиметрические исследования проводили на синхронном термическом анализаторе Perkin Elmer STA 6000 в атмосфере азота, скорость нагрева 10 °С/мин.

Рентгеноструктурный анализ монокристаллов комплекса проводился на дифрактометре Agilent Technologies SuperNova, оснащенный детектором HyPix3000, при температуре 100 К с использованием монохроматического $CuK\alpha$ излучения

($\lambda=1,54184 \text{ \AA}$) по стандартной процедуре; введена поправка на поглощение с использованием сферических гармоник. Структура расшифрована прямым методом и уточнена с помощью программы SHELXL 2014/7, встроенной в программный пакет OLEX2 в полноматричном анизотропном приближении для всех неводородных атомов [11, 12]. Атомы водорода генерированы геометрически и уточнены в модели наездника.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Органический лиганд и комплекс никеля на его основе были охарактеризованы методом ИК-спектроскопии. Известно, что для азотиновых производных 4-ацилпиразол-5-онов возможно существование четырех таутомерных форм, и преобладающей является кето-енаминная (рис. 1) [13]. Сравнительный анализ спектров показал, что при координации данного лиганда происходит его переход из кето-енаминной формы в имино-енольную, о чем свидетельствует исчезновение интенсивной полосы поглощения с максимумом при 1658 см^{-1} , характерной для кетогруппы пиразол-5-онов, и сильной полосы с максимумом при 1287 см^{-1} , типичной для связи C–N вторичных аминов. Однозначно идентифицировать появление в спектре комплекса сигналов колебаний связей C=N (в области $1630\text{--}1590 \text{ см}^{-1}$) и C–O (в области $1370\text{--}1330 \text{ см}^{-1}$) сложно ввиду наложения полос. В то же время, в спектре комплекса отчетливо наблюдается узкая полоса с максимумом при 3619 см^{-1} , которая с высокой вероятностью указывает на координацию металлом молекул воды, т.к. такая форма полосы характерна для колебаний O–H именно изолированных молекул.

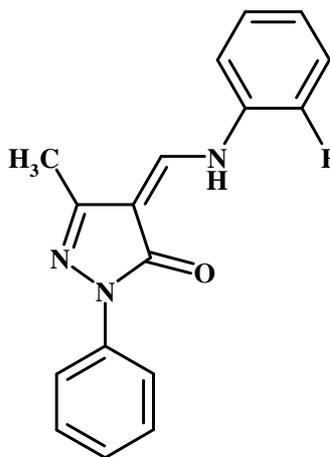


Рис. 1. Строение лиганда HL.

В спектре электронного поглощения твердого образца комплекса регистрируется широкая полоса при 663 нм , которая может быть отнесена к спин-разрешённому d–d переходу ${}^3T_{1g}(F) \leftarrow {}^3A_{2g}$. Другая более слабая широкая полоса,

которая сосредоточена при 997 нм, может быть отнесена к переходу ${}^3T_{2g} \leftarrow {}^3A_{2g}$. Эти значения согласуются с литературными значениями для октаэдрических соединений Ni(II) соединений. В ближней УФ-области регистрируется интенсивная полоса с максимумом при 376 нм, относящаяся к $n \rightarrow \pi^*$ переходу лиганда.

Комплекс термически устойчив до температуры 108 °С, по достижении которой начинается удаление двух координированных молекул воды (6,1 % найдено / 5,3 % рассчитано). Процесс дегидратации продолжается до 150 °С и сопровождается мощным эндотермическим эффектом с максимумом при 138 °С. В интервале температур 150–290 °С масса образца остается постоянной, однако эндотермический эффект с максимумом при 258 °С указывает на реализацию фазового перехода. При температуре выше 300 °С начинается быстрая деградация комплекса, заканчивающаяся при температуре выше 780 °С образованием оксида никеля(II).

Для объективного установления кристаллической структуры координационного соединения был выполнен РСА монокристаллов. Основные сведения об эксперименте приведены в табл. 1. Согласно его результатам, формируется моноядерный дискретный молекулярный комплекс $[Ni(H_2O)_2L_2]$. Координационное число иона никеля равно 6, а его окружение представляет собой слабо искаженный октаэдр. Лиганд депротонирован и координируется в имино-енольной форме. Молекулы воды координированы в цис-положении. Значения характерных длин связей и валентных углов в структуре комплекса приведены в табл. 2.

На рис. 2 представлено молекулярное строение исследуемого комплекса. Связи Ni–O несколько длиннее в случае атомов кислорода воды (менее чем на 0,1 Å) по сравнению с таковыми для енольной группы азометина; длины связей Ni–N имеют промежуточное значение. Валентные углы в структуре координационного полиэдра незначительно деформированы – в пределах 5° в случае прямых углов и 10° в случае развернутых; помимо этого, присутствует небольшая асимметрия, выражающаяся в различии величин валентных углов N1–Ni1–O1 и O1–Ni1–O2 в зависимости от того, к какой из двух молекул лиганда принадлежит атом O1. Ион металла незначительно смещен относительно хелатных циклов: плоскости O1–Ni1–N1 и плоскости циклов образуют торсионные углы, равные 11,83° и 13,09°. Фторфенильные заместители развернуты относительно хелатных циклов на 68,75°. Атомы фтора в структуре заместителей несколько разупорядочены по двум *o*-положениям. Межатомные расстояния Ni...F равны 3,632 Å.

Обнаружено, что координированные молекулы воды и пиразольные атомы азота (N3) лигандов участвуют в образовании системы водородных связей. Это приводит к формированию в кристаллическом состоянии супрамолекулярной структуры линейного типа (рис. 3). Расстояние между ионами никеля в цепи составляет 7,987 Å. Значения параметров водородной связи – расстояний O–H (0,923 Å), N...H (1,889 Å), N...O (2,811 Å), угла N–H–O (177,05°) свидетельствуют о том, что данная связь является весьма прочной [14].

Таблица 1.

Кристаллографические данные и параметры уточнения кристаллической структуры комплекса 1.

Параметр	Значение
Брутто-формула	C ₃₄ H ₃₀ F ₂ N ₆ NiO ₄
M, г/моль	683.35
Сингония	моноклинная
Пространственная группа	C 2/c
a, Å	13.1971
b, Å	15.5930
c, Å	15.9710
α, °	90
β, °	111.228
γ, °	90
Объем ячейки, Å ³	3063.55
Z	4
ρ _{calc} , г/см ³	1.482
μ, мм ⁻¹	1.448
F(000)	1416
Θ, °	4.565 – 76.875
Всего рефлексов	3170
Независимых рефлексов	3021
Рефлексы/ограничения/ число уточняемых параметров	3170/0/229
GOOF	1.041
R ₁ , %	3.06

Таблица 2.

Длины связей и валентные углы в структуре координационного полиэдра.

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Ni1–O1, Å	2.027	N1–Ni1–O2 (цис-), °	91.48
Ni1–O2, Å	2.112	N1–Ni1–O2 (транс-), °	176.63
Ni1–N1, Å	2.089	O1–Ni1–O1, °	172.29
N1–Ni1–N1, °	91.80	O1–Ni1–O2, °	85.70/88.63
N1–Ni1–O1, °	91.97/93.40	O2–Ni1–O2, °	85.26

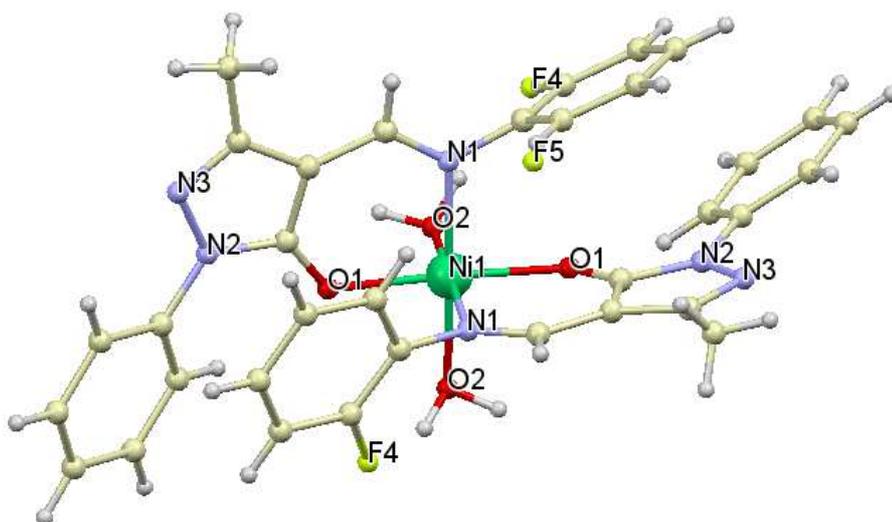


Рис. 2. Молекулярная структура комплекса $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_2\text{L}_2]$.

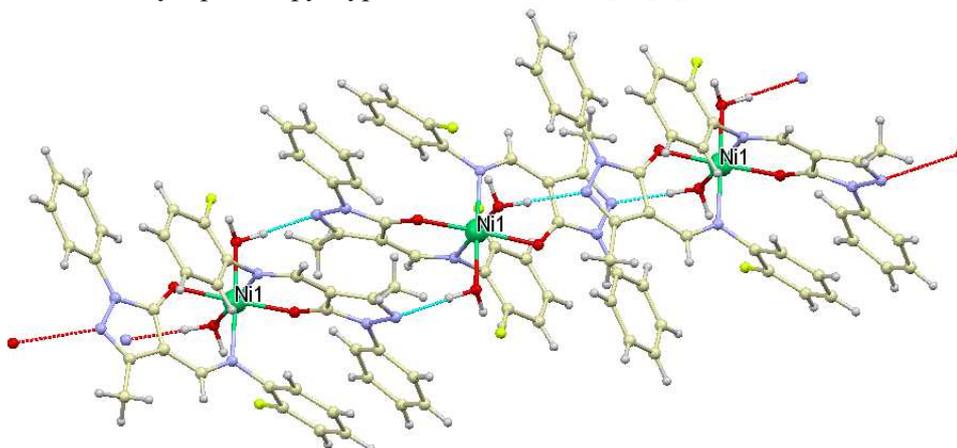


Рис. 3. Образование линейной цепи посредством водородных связей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведенного исследования получен комплекс никеля с основанием Шиффа – производным 3-метил-1-фенил-4-формилпиразол-5-она и 2-фторанилина. Установлено образование нейтрального комплекса состава $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_2\text{L}_2]$. Ион никеля гексакоординирован и обладает геометрией окружения, близкой к правильной октаэдрической. Молекулы воды координируются в цис-положении. Взаимодействие комплексных частиц посредством водородных связей приводит к образованию супрамолекулярной 1-D структуры.

Список литературы

1. Schiff bases and their metal complexes: a review on the history, synthesis, and applications / C. Boulechfar, H. Ferkous, A. Delimi [et al.] // *Inorg. Chem. Comm.* – 2023. – Vol. 150. – P. 110451.
2. Magnetic relaxation in cobalt(II)-based single-ion magnets influenced by distortion of the pseudotetrahedral [N₂O₂] coordination environment / M. Böhme, S. Ziegenbalg, A. Aliabadi [et al.] // *Dalton Trans.* – 2018. – Vol. 47. – P. 10861.
3. Cobalt(II)-Based Single-Ion Magnets with Distorted Pseudotetrahedral [N₂O₂] Coordination: Experimental and Theoretical Investigations / S. Ziegenbalg, D. Hornig, H. Goerls [et al.] // *Inorg. Chem.* – 2016. – Vol. 55, №8. – P. 4047.
4. Bulky Schiff-base ligand supported Co(II) single-ion magnets with zero-field slow magnetic relaxation / G. Peng, Yu. Chen, B. Li [et al.] // *Dalton Trans.* – 2020. – Vol. 49. – P. 5798.
5. A cuboidal tetranuclear nickel cluster based on O,O,N-tridentate Schiff base: synthesis, structure and magnetic properties / L. Liang, W. Li, Ya. Sun [et al.] // *J. Clust. Sci.* – 2018. – Vol. 29. – P. 151.
6. Solvent-induced structural diversity in tetranuclear Ni(II) Schiff-base complexes: the first Ni₄ single-molecule magnet with a defective dicubane-like topology / R. Herchel, I. Nemeč, M. Machata [et al.] // *Dalton Trans.* – 2016. – Vol. 45. – P. 18622.
7. Ungur L. Strategies toward high-temperature lanthanide-based single-molecule magnets / L. Ungur, L. F. Chibotaru // *Inorg. Chem.* – 2016. – Vol. 55. – P. 10043.
8. A new series of Schiff base Ni(II)₄ cubanes: Evaluation of magnetic coupling via carboxylate bridges / A. N. Gusev, Yu. I. Baluda, I. Nemeč [et al.] // *Polyhedron.* – 2021. – Vol. 196. – P. 115017.
9. 4-Benzoyl-3-methyl-1-phenylpyrazol-5-one based complexes of nickel(II) and cobalt(III) with a Schiff base / A. N. Gusev, Y. I. Baluda, V. F. Shulgin [et al.] // *J. Struct. Chem.* – 2023. – Vol. 64, № 11. – P. 2090.
10. Skytte Jensen B. The synthesis of 1-phenyl-3-methyl-4-acylpyrazolones-5 / B. Skytte Jensen // *Acta Chem. Scand.* – 1959. – Vol. 13, №8. – P. 1668.
11. OLEX2: a complete structure solution, refinement and analysis program / O. V. Dolomanov, L. J. Bourhis, R. J. Gildea [et al.] // *J. Appl. Crystallogr.* – 2009. – Vol. 42. – P. 339.
12. Sheldrick G. M. Crystal structure refinement with SHELXL / G. M. Sheldrick // *Acta Crystallogr. Sect. C Struct. Chem.* – 2015. – Vol. 17. – P. 3.
13. Coordination chemistry of pyrazolone-based ligands and applications of their metal complexes / F. Marchetti, C. Pettinari, C. Di Nicola [et al.] // *Coord. Chem. Rev.* – 2019. – Vol. 401. – P. 213069.
14. Steed J. W. *Supramolecular Chemistry* / J. W. Steed, J. L. Atwood. – 2nd ed. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2009. – 998 p. ISBN: 978-1-118-68150-3.

**NICKEL(II) COMPLEX WITH AZOMETHINE DERIVATIVE OF
4-FORMYL-3-METHYL-1-PHENYLPYRAZOL-5-ONE AND
2-FLUOROANILINE**

Baluda Yu. I.¹, Gusev A. N.², Shulgin V. F.², Kryukova M. A.³

¹*FRC for problems of chemical physics and medicinal chemistry of RAS, Chernogolovka, Russia*

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

³*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

E-mail: shulvic@gmail.com

The synthesis, characterization and X-ray study of a new azomethine-based Ni(II) complex are described in present work. The Schiff base ligand HL was prepared by

condensation of 4-formyl-3-methyl-1-phenylpyrazol-5-one and 2-fluoroaniline in ethanol medium. The target coordination compound was synthesized by reaction of HL and nickel(II) acetate tetrahydrate (2:1) in acetonitrilic solution using triethylamine as a base.

A comparative analysis of the IR-spectra showed that the ligand coordination is accompanied by its transition from the keto-enamine form to the imino-enol one, as evidenced by the disappearance of an absorption band with a maximum at 1658 cm^{-1} , which is characteristic for the pyrazol-5-ones keto group, and a band with a maximum at 1287 cm^{-1} , which is typical for C–N bonds of secondary amines. A narrow band with a maximum at 3619 cm^{-1} , observed in complex spectra, indicates the coordination of water molecules, since this band shape is characteristic for vibrations of isolated molecules.

According to X-ray study results, a mononuclear discrete molecular complex $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_2\text{L}_2]$ is formed. The coordination number of the nickel ion is 6, and its environment is a slightly distorted octahedron. The ligand is deprotonated and coordinated in imino-enol form. The water molecules are coordinated in the *cis*-position. It was found that coordinated water molecules and pyrazole nitrogen atoms of ligands are involved in the formation of hydrogen bonds. This leads to the assembling of complex particles into the linear one-dimensional supramolecular structure in the crystalline state. The distance between nickel ions in the chain reaches 7.987 \AA .

Keywords: nickel, Schiff bases, 4-formyl-3-methyl-1-phenylpyrazol-5-one, X-ray diffraction study.

References

1. Boulechfar C., Ferkous H., Delimi A., Djedouani A., Kahlouche A., Boubli A., Darwish A. S., Lemaoui T., Verma R., and Benguerba Y. Schiff bases and their metal complexes: a review on the history, synthesis, and applications. *Inorg. Chem. Comm.*, **150**, 110451 (2023).
2. Böhme M., Ziegenbalg S., Aliabadi A., Schnegg A., Görls H., and Plass W. Magnetic relaxation in cobalt(II)-based single-ion magnets influenced by distortion of the pseudotetrahedral $[\text{N}_2\text{O}_2]$ coordination environment. *Dalton Trans.*, **47**, 10861 (2018).
3. Ziegenbalg S., Hornig D., Görls H., and Plass W. Cobalt(II)-based single-ion magnets with distorted pseudotetrahedral $[\text{N}_2\text{O}_2]$ coordination: experimental and theoretical investigations. *Inorg. Chem.*, **55** (8), 4047 (2016).
4. Peng G., Chen Yu., Li B., Zhang Y.-Q., and Ren X.-M. Bulky Schiff-base ligand supported Co(II) single-ion magnets with zero-field slow magnetic relaxation. *Dalton Trans.*, **49**, 5798 (2020).
5. Liang L., Li W., Sun Ya., Li M., Xu X., Wu T., and Xie Sh. A cuboidal tetranuclear nickel cluster based on O,O,N-tridentate Schiff base: synthesis, structure and magnetic properties. *J. Clust. Sci.*, **29**, 151 (2018).
6. Herchel R., Nemeč I., Machata M., and Trávníček Z. Solvent-induced structural diversity in tetranuclear Ni(II) Schiff-base complexes: the first Ni_4 single-molecule magnet with a defective dicubane-like topology. *Dalton Trans.*, **45**, 18622 (2016).
7. Ungur L., Chibotaru L. F. Strategies toward high-temperature lanthanide-based single-molecule magnets. *Inorg. Chem.*, **55**, 10043 (2016).
8. Gusev A. N., Nemeč I., Herchel R., Baluda Yu. I., Kryukova M. A., Efimov N. N., Kiskin M. A., and Linert W. A new series of Schiff base Ni(II) $_4$ cubanes: evaluation of magnetic coupling via carboxylate bridges. *Polyhedron*, **196**, 115017 (2021).
9. Gusev A. N., Baluda Y. I., Shulgin V. F., Kryukova M. A., and Kiskin M. A. 4-Benzoyl-3-methyl-1-phenylpyrazol-5-one based complexes of nickel(II) and cobalt(III) with a Schiff base. *J. Struct. Chem.*, **64** (11), 2090 (2023).

10. Jensen B. S. The synthesis of 1-phenyl-3-methyl-4-acyl-pyrazolones-5. *Acta Chem. Scand.*, **13** (8), 1668 (1959).
11. Dolomanov O. V., Bourhis L. J., Gildea R. J., Howard J. A. K., and Puschmann H. OLEX2: a complete structure solution, refinement and analysis program. *J. Appl. Crystallogr.*, **42**, 339 (2009).
12. Sheldrick G. M. Crystal structure refinement with SHELXL. *Acta Crystallogr. Sect. C Struct. Chem.*, **17**, 3 (2015).
13. Marchetti F., Pettinari C., Di Nicola C., Tombesi A., and Pettinari R. Coordination chemistry of pyrazolone-based ligands and applications of their metal complexes. *Coord. Chem. Rev.*, **401**, 213069 (2019).
14. Steed J. W., Atwood J. L. *Supramolecular Chemistry 2nd ed.* Chichester, John Wiley & Sons Ltd., 998 p. (2009), ISBN: 978-1-118-68150-3.

УДК 628.1645:574.64

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-285-298

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИИ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ И ТЕТРАГИДРОКСОАЛЮМИНАТА НАТРИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ УМЯГЧЕНИЯ ВОД

Кучерик Г. В., Сытников Д. М., Омельчук Ю. А.

*Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия
E-mail: galina_kucherik@mail.ru*

В настоящей работе были рассмотрены используемые сегодня экологически безопасные технологии и экспериментально апробированы методы умягчения вод. Представлены результаты биотестирования водопроводной воды Северной стороны г. Севастополя из подземных водозаборов. Предложено использование метода эффективного умягчения питьевой воды, основанного на применении композиции извести и тетрагидроксиалюмината натрия.

Ключевые слова: жёсткость воды, методы умягчения вод, оксид кальция, тетрагидроксиалюминат натрия.

ВВЕДЕНИЕ

Повышенная жёсткость воды, используемой для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения, – одна из важных экологических проблем, требующая своего разрешения [1]. Жёсткие воды Орловского и Вилинского подземных водозаборов, используемых для водообеспечения г. Севастополя, могут служить источником негативного воздействия на здоровье потребителей и работу сетей водообеспечения Северной стороны города.

Использование жёсткой воды может приводить к шелушению кожи, провоцировать атопический дерматит, экзему у новорождённых, наносить ущерб системам водоснабжения и бытовой технике; такая вода требует употребления большего количества моющих средств, в связи с чем существует необходимость умягчения вод перед их подачей потребителям. Избежать негативных последствий использования жёсткой воды в городском водоснабжении можно путём повышения её качества и ускорения процессов умягчения [2, 3].

Выбор метода умягчения воды определяется её качеством, необходимой глубиной умягчения и технико-экономическими обоснованиями. Для снижения жёсткости воды могут быть применены различные методы: термический, реагентный, мембранный, метод ионного обмена и магнитной обработки, а также комбинированный метод [3]. Однако не все перечисленные методы могут быть использованы в подготовке питьевой воды. Это объясняется тем, что вода должна быть абсолютно безопасной и не содержать токсичных примесей, сама технология

должна быть относительно недорогой и обеспечивать умягчение больших объёмов воды в сжатые сроки.

Главная *цель исследования* заключалась в анализе экологически безопасных технологий и подборе метода умягчения воды для систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Для осуществления поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: рассмотреть существующие на сегодняшний день экологически безопасные технологии умягчения воды, применяемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения; методами биотестирования определить качество водопроводной воды, используемой на Северной стороне г. Севастополя; экспериментально апробировать методы умягчения водопроводной воды и определить наиболее эффективный из них.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужила водопроводная вода Северной стороны г. Севастополя, источником которой является Вилинский и Орловский подземные водозаборы, характеризующаяся следующими показателями: рН – $7,9 \pm 0,2$; общая жесткость – $9,7$ мг-экв/дм³; $[Ca^{2+}]$ – $6,6$ мг-экв/дм³; $[Mg^{2+}]$ – $3,1$ мг-экв/дм³.

Для токсикологической оценки качества исследуемых вод было проведено *биотестирование* с использованием двух тест-объектов: ракообразных из семейства дафниевых (*Daphnia magna* Straus) и одноклеточных зелёных водорослей хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer). Использование дафний в качестве тест-организмов основано на определении их подвижности и выживаемости, методом прямого счёта [4]. Альготестирование производили путём измерения оптической плотности культуры микроводорослей хлореллы, основанного на регистрации различий показателей тест-культуры, выращенной на контрольной среде, и в тестируемых пробах вод, в которых могли присутствовать токсические вещества [5].

При изучении влияния типа и дозы реагента на *эффективность умягчения* водопроводной воды Северной стороны г. Севастополя использовали NaOH, Na₂CO₃, Na[Al(OH)₄], Na₃PO₄, NaF в виде растворов с концентрацией 1 г/дм³ по основному компоненту.

Тетрагидроксоалюминат натрия получали в результате реакции щёлочи (70 % раствор NaOH) и гидроксида алюминия в стехиометрических количествах. Данную смесь нагревали при интенсивном перемешивании до 90 °С в течение 10 часов. Полученный раствор отфильтровывали, определяли в нём концентрацию алюминия и относительно полученной концентрации рассчитывали концентрацию гидроксоалюмината натрия.

В случае использования основных реагентов в исследуемую пробу воды объёмом 100 см³ при активном перемешивании добавляли CaO и растворы NaOH, Na₂CO₃, доводя значения рН до 9,0, 10,0, 11,0.

При оценке влияния на эффективность умягчения воды фосфата натрия и фторида натрия, которые известны как высокоэффективные реагенты, образующие нерастворимые соединения с кальцием, магнием, к пробам водопроводной воды добавляли при перемешивании рассчитанное количество реагента. Дозы реагентов составили 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 мг-экв/дм³.

В случае использования гидроксоалюмината натрия были исследованы дозы 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 мг-экв/дм³ (в пересчете на Al) [6, 7]. Пробы отстаивали в течение двух часов, фильтровали и определяли рН и остаточную жесткость. При изучении влияния Na[Al(OH)₄] на эффективность умягчения водопроводной воды известью в очищаемую воду при активном перемешивании добавляли СаО, доводя значения рН от 9,0 до 10,5. Предварительное умягчение воды известью дает возможность снизить расход гидроксоалюмината натрия в процессе очистки воды [8]. После этого в воду добавляли рассчитанное количество гидроксоалюмината натрия в дозах от 0,1 до 1,0 мг-экв/дм³ в пересчете на Al. После внесения реагентов воду отстаивали на протяжении двух часов, затем фильтровали и определяли остаточную жесткость и содержание ионов алюминия в исследуемой пробе.

При изучении влияния дозы гидрокарбоната калия на эффективность умягчения водопроводной воды готовили раствор КНСО₃ концентрацией 190 г/дм³ [9]. Полученный раствор вносили в водопроводную воду (0,4 дм³) в количестве: 0,010, 0,015 и 0,020 дм³. Пробы отстаивали в течение 3-х ч, фильтровали и определяли остаточную жесткость и рН воды.

При проведении сорбции использовали катионит КУ-2-8 в Na⁺-форме (объемом 10 см³). В качестве ионообменной колонки использовали колонку диаметром 2 см, заполненную ионитом. В процессе сорбции севастопольскую водопроводную воду пропускали через катионит КУ-2-8 в Na⁺-форме, со скоростью 2,12–3,18 м/ч, отбирали пробы по 400 см³. В отобранных пробах определяли рН и жесткость.

Статистическую обработку полученных данных производили с учётом рекомендаций в соответствующих методиках. В таблицах и в тексте представлены %, средние арифметические, стандартные ошибки и наименьшая существенная разность (НСР). Достоверность разницы значений оценивали, используя 5 % уровень значимости ($P \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вода, подаваемая в централизованную систему водоснабжения Северной стороны г. Севастополя, имела превышение по показателю общей жесткости, что составляло 9,7 мг-экв/дм³. Нормативы жесткости питьевой определены в СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [10]. Допустимая жесткость питьевой воды в соответствии с действующим нормативом должна быть не более 7,0 мг-экв/дм³ (вода питьевая централизованного водоснабжения). Водородный показатель (рН) изученной водопроводной воды при этом находился в пределах нормы (6,0–9,0).

Оценку качества воды из указанной системы водоснабжения предварительно производили методом биотестирования. Использование дафний (*Daphnia magna* Straus) в качестве тест-объекта обнаружило отсутствие токсического эффекта анализируемых проб: все особи в течение экспозиции 48 ч сохраняли подвижность и жизнеспособность. При этом более высокую чувствительность проявила тест-культура микроводорослей хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer).

Из данных таблицы 1 следует, что через 22 ч в вариантах с разведением снижение средней величины оптической плотности по сравнению с контрольным вариантом не превышало 20 %. Это указывало на их безвредность. В варианте без разбавления процентное отклонение от контроля составило 85 %, что свидетельствовало о наличии токсического эффекта. В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что вода, используемая для снабжения Северной стороны г. Севастополя, может быть небезопасной для повседневного питьевого использования.

Таблица 1

Изменение оптической плотности тест-культуры водорослей хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer), культивируемой на водопроводной воде

Вариант	Разбавление тестируемых вод, разы	Оптическая плотность, ед.	Отклонение от контроля, %	Токсический эффект
контроль	0	0,191 ± 0,003	0	–
1	1 (без разбавления)	0,030 ± 0,002	85	оказывает
2	3	0,162 ± 0,006	15	не оказывает
3	9	0,175 ± 0,010	8	не оказывает
4	27	0,182 ± 0,004	5	не оказывает
5	81	0,187 ± 0,003	2	не оказывает

Проведенные литературные изыскания позволили определить ряд методов умягчения питьевой воды, которые являются наиболее актуальными и эффективными в применении. Так, в технологиях реагентного умягчения воды применяются алюминиевые и железные коагулянты [11–13], подщелачивание воды аммиаком с введением при перемешивании соединений кальция [14, 15]. Умягчения питьевой воды также добиваются с помощью активированного бентонита [16] или состава, содержащего углекислый калий [9].

Получен патент [17] на фильтрование жёсткой воды через катионит (лавовая брекчия цеолитизированного перлита), предложен способ [18] перевода растворимых солей бикарбонатов кальция и магния в нерастворимые соединения установкой электродов. Также в технологиях умягчения воды используют флокулянты, нагрев и пониженные температуры [19]. Каждый из перечисленных методов имеет свои достоинства и недостатки. Выбор метода умягчения воды будет в конечном счёте зависеть от множества факторов, включая эффективность процесса, объём обрабатываемой воды и стоимость оборудования.

В нашей работе выбор экологически безопасного метода умягчения питьевой воды был основан на проведённом литературном обзоре, что позволило выделить несколько возможных методических направлений, в том числе реагентное умягчение и умягчение воды на катионитах в Na⁺-форме. Чаще всего в процессах реагентного умягчения воды используют известь, щёлочь и соду или их смеси [20]. Из указанных реагентов значительную эффективность процесса обеспечивает щёлочь при pH > 11,0. Однако при этом происходит значительное повышение pH, что делает воду непригодной для использования в питьевых целях.

При исследовании реагентных методов умягчения было изучено влияние доз реагентов (CaO , NaOH , Na_2CO_3 , $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, Na_3PO_4 , NaF) на эффективность умягчения водопроводной воды Северной стороны г. Севастополя. Лучшие результаты при умягчении основными реагентами были получены при использовании щёлочи и соды (табл. 2). В данном случае была достигнута степень умягчения на уровне 88–89 % при доведении рН до 10,5 и 11,0. Менее значимые результаты были получены при применении извести. Это связано с тем, что при доведении рН до высоких значений в растворе растёт концентрация ионов кальция, а концентрации карбонатов в растворе недостаточно для их связывания.

Следует отметить, что при применении щёлочи (рН = 11,0) остаточная жёсткость воды снижалась с 9,3 до 1,1 мг-экв/дм³, а при применении соды – до 1,0 мг-экв/дм³. Очевидно, что при наличии карбонат-анионов лучше связываются ионы кальция, а гидроксид магния при рН = 11,0 является нерастворимым веществом. $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ был малоэффективным при использовании в дозах до 2,0 мг-экв/дм³. Очевидно, это связано с низкими значениями рН (8,48÷9,79) при данных дозах реагента. Лишь при рН 10,4 степень умягчения достигла 84 %, а при увеличении рН до 11,3–98 %.

Относительно низкую эффективность $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ при рН = 10,0 можно объяснить тем, что в этих условиях происходил его гидролиз с образованием гидроксида алюминия. При этом количество щёлочи, которое образовывалось при гидролизе, было недостаточным для эффективного умягчения воды, а количество $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, который способен связывать ионы жёсткости, также снижалось в результате гидролиза.

При дозе $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ – 4,0 мг-экв/дм³ (рН = 11,3), очевидно, происходило эффективное превращение гидрокарбонатов кальция в нерастворимые карбонаты и гидролиз солей магния с образованием нерастворимого гидроксида магния. Кроме того, концентрация $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ была достаточной для связывания остальных ионов жёсткости в нерастворимые соединения.

Значительно менее эффективным реагентом для умягчения воды был ортофосфат натрия. Лишь при добавлении 4,0 мг-экв/дм³ реагента степень умягчения достигла 73 %. Умягчение происходило за счёт образования малорастворимых фосфатов кальция и магния.

При использовании фторида натрия рН воды практически не изменялось при повышении дозы с 0,5 до 4,0 мг-экв/дм³. Незначительное умягчение воды происходило за счёт образования малорастворимых фторидов кальция и магния. При этом степень умягчения не превышала 59 %. Следует отметить, что после умягчения воды наблюдалось определенное повышение рН среды, что связано с частичным переходом гидрокарбонатов кальция и магния в гидрокарбонат натрия.

В целом, использованные реагенты характеризовались невысокой эффективностью умягчения воды (за исключением $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$) и значительным вторичным загрязнением воды. При использовании $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ остаточная концентрация алюминия с повышением дозы реагента достигла 105 мг/дм³ при ПДК $[\text{Al}^{3+}]$ – 0,2 мг/дм³. При применении ортофосфата натрия остаточная концентрация фосфатов достигла 123 мг/дм³ (ПДК $[\text{PO}_4^{3-}]$ – 1,5 мг/дм³), а при применении фторида натрия концентрация фторидов достигла 54 мг/дм³ (ПДК $[\text{F}^-]$ – 3,5 мг/дм³).

Здесь лучшие результаты были получены при использовании композиции извести и $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ (табл. 3). При добавлении $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ в воду, рН которой был предварительно доведен известью до 9,0–10,5, в дозах от 0,1 до 1,0 мг-экв/дм³ было отмечено повышение эффективности её умягчения.

Таблица 2
Влияние типа и дозы реагента на эффективность умягчения водопроводной воды (Ж = 9,3 мг-экв/дм³)

Реагент	Доза мг- экв/дм ³	рН		Ж, мг- экв/дм ³	Остаточная концентрация, мг/дм ³			Z, %
		нач.	кон.		Al^{3+}	F^-	PO_4^{3-}	
CaO	0,3	9,0	8,3	3,6	–	–	–	62
	0,6	10,0	9,7	2,2	–	–	–	76
	1,8	11,0	10,9	3,3	–	–	–	64
NaOH	0,1	9,0	8,5	2,3	–	–	–	75
	0,3	10,0	9,7	2,0	–	–	–	78
	1,6	11,0	10,9	1,1	–	–	–	88
Na_2CO_3	0,1	9,0	8,8	2,5	–	–	–	73
	0,7	10,0	9,9	1,7	–	–	–	82
	3,4	11,0	10,8	1,0	–	–	–	89
$\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]^*$	0,1	8,5	8,0	4,5	2,0	–	–	52
	0,3	8,9	8,7	3,5	3,1	–	–	62
	0,5	9,3	9,0	3,4	6,5	–	–	63
	1,0	9,9	9,5	3,3	15,5	–	–	64
	2,0	10,4	9,8	1,5	35,5	–	–	84
	4,0	11,3	10,5	0,2	105,0	–	–	98
Na_3PO_4	0,5	7,8	7,8	4,0	–	–	1,4	57
	1,0	8,2	8,1	4,0	–	–	2,4	57
	2,0	10,1	9,3	4,0	–	–	93,5	57
	4,0	11,9	10,5	2,5	–	–	123,0	73
NaF	0,5	7,5	7,5	5,0	–	12,3	–	46
	1,0	7,4	7,6	3,8	–	8,7	–	59
	2,0	7,6	7,7	3,8	–	15,2	–	59
	4,0	7,6	7,8	3,8	–	53,8	–	59
НСР _{0,05}				0,3	2,8	2,2	5,5	

Примечание: ПДК $[\text{Al}^{3+}]$ – 0,2 мг/дм³; ПДК $[\text{F}^-]$ – 3,5 мг/дм³; ПДК $[\text{PO}_4^{3-}]$ – 1,5 мг/дм³; «*» – концентрация приведена в пересчете на Al.

В данном случае была достигнута степень умягчения на уровне 98 % при начальном рН воды 10,5 и дозе $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ – 1,0 мг-экв/дм³. Также наблюдалось снижение жёсткости воды до 0,2 мг-экв/дм³. Следует также отметить существенное снижение остаточного содержания алюминия при данном сочетании реагентов. В

отдельных случаях ионы алюминия в умягчённой воде отсутствовали. Максимальное содержание алюминия в обработанной воде не превышало 6,5 мг/дм³. Кроме того, при снижении pH воды за счёт абсорбции из воздуха углекислоты концентрация ионов алюминия снижается до значений менее 0,5 мг/дм³.

Таблица 3
Влияние Na[Al(OH)₄] на эффективность умягчения водопроводной воды
(Ж = 9,3 мг-экв/дм³) известью

Доза Na[Al(OH) ₄]*, мг-экв/дм ³	pH			Ж, мг-экв/дм ³	[Al ³⁺], мг/дм ³	Z, %
	после добавления извести	после добавления тетрагидроксоалюмината натрия	после умягчения			
0,0	9,0	–	8,9	4,5	–	52
0,1	9,0	9,4	8,8	3,8	2,5	59
0,3	9,0	9,7	8,8	2,4	2,5	74
0,5	9,0	9,9	8,8	2,3	4,0	75
1,0	9,0	10,0	9,0	1,9	4,5	80
0,0	9,5	–	8,6	3,2	–	66
0,1	9,5	9,6	8,6	3,1	–	67
0,3	9,5	9,8	8,6	2,0	2,5	78
0,5	9,5	10,1	9,2	1,5	2,5	84
1,0	9,5	10,3	9,5	1,2	5,0	87
0,0	10,0	–	9,4	2,4	–	74
0,1	10,0	10,3	8,3	2,0	3,5	78
0,3	10,0	10,4	8,7	1,6	4,5	83
0,5	10,0	10,8	8,8	1,0	3,5	89
1,0	10,0	10,9	9,4	0,5	6,5	95
0,0	10,5	–	9,4	2,2	–	76
0,1	10,5	10,8	8,9	1,2	–	87
0,3	10,5	10,7	9,1	1,0	–	89
0,5	10,5	11,0	9,6	0,8	1,5	91
1,0	10,5	11,3	10,2	0,2	5,2	98
НСР _{0,05}				0,2	0,2	

Примечание: «*» – концентрация приведена в пересчете на Al.

В целом, из данных, приведенных в таблице 3, видно, что при добавлении в воду, которая умягчается известью, Na[Al(OH)₄] в дозе 0,5 мг-экв/дм³ эффективность очистки растёт более, чем вдвое и увеличивается с повышением дозы реагента. Очевидно, в данном случае эффективность умягчения растёт как за счёт коагулирующего действия Na[Al(OH)₄], так и за счёт образования с ним

малорастворимых соединений с ионами жёсткости [21]. При добавлении $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ к воде, которая была предварительно обработана известью с целью достижения заданного уровня pH, удалось в несколько раз снизить расход $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ и в десятки раз снизить остаточную концентрацию алюминия в обработанной воде.

Для удаления ионов жёсткости был также исследован состав для умягчения воды, предложенный другими авторами [9]. Состав содержал углекислый калий. По мнению авторов преимуществом использования данного метода заключается в том, что попадающие в воду ионы калия являются жизненно важными для нормального функционирования организма. Однако, избыточное потребление калия может приводить к гиперкалиемии, поэтому представляло интерес оценить безопасность применения этого метода при умягчении водопроводной воды Северной стороны г. Севастополя.

Когда углекислый калий взаимодействует с компонентами воды, которые определяют её постоянную и временную жёсткость, происходит быстрое связывание этих компонентов в нерастворимые соединения, которые выпадают в осадок. Результаты применения состава для умягчения воды на основе KHCO_3 приведены в таблице 4, из данных которой следует, что указанный состав эффективно удаляет ионы жёсткости воды при его добавлении в количестве 0,015 и 0,020 дм^3 . Образовавшийся осадок CaCO_3 и MgCO_3 безвреден: его можно использовать в строительстве либо вывозить на полигоны ТКО. Однако pH умягченной воды и содержание ионов калия превышало допустимые значения (pH 6,0–9,0; $[\text{K}^+]$ – менее 20 мг/дм^3), что не позволяет использовать её в хозяйственно-питьевых целях.

Таблица 4
Влияние дозы KHCO_3 на эффективность умягчения водопроводной воды

№ пробы	$\text{KHCO}_3 / 0,4 \text{ дм}^3 \text{ воды}$	pH	Ж, мг-экв/ дм^3	$[\text{K}^+]$, г/ дм^3
1	0,010	9,4	8,6	1,8
2	0,015	9,5	3,2	2,8
3	0,020	9,6	2,8	3,7
НСР _{0,05}			0,5	0,2

Ещё одним перспективным направлением является ионообменное умягчение воды при фильтрации жёсткой воды через катионит в Na^+ -форме. Как видно из таблицы 5, при пропускании через катионит объемом 10 см^3 водопроводной воды с начальной жёсткостью 9,7 мг-экв/ дм^3 , её жёсткость уменьшалась до 1,0 мг-экв/ дм^3 в первых шести пробах, при этом степень умягчения составила 97 %.

При пропускании воды до объема 3,2 дм^3 эффективность умягчения оставалась достаточно высокой (75 %), и в 9-й пробе степень умягчения начала резко уменьшаться до исчерпания ёмкости катионита в 12-й пробе. Полная обменная

динамическая ёмкость катионита КУ-2-8 в Na⁺-форме по ионам жесткости была достаточно высокой и составила 3120 мг-экв/дм³.

Таблица 5
Остаточное содержание ионов жесткости [Na⁺] и pH водопроводной воды (Ж = 9,7 мг-экв/дм³) после пропускания через катионит КУ-2-8 (объем 0,01 дм³) в Na⁺ форме

№ пробы	Объём, дм ³	pH	Ж, мг-экв/дм ³	Z, %	[Na ⁺], г/дм ³
1	0,4	8,3	0,3	97	0,22
2	0,8	8,3	0,3	97	0,22
3	1,2	8,3	0,3	97	0,22
4	1,6	8,3	0,4	96	0,21
5	2,0	8,4	0,4	96	0,21
6	2,4	8,3	0,5	95	0,21
7	2,8	8,3	1,0	90	0,20
8	3,2	8,3	2,4	75	0,17
9	3,6	8,1	6,5	33	0,07
10	4,0	8,0	7,7	21	0,05
11	4,4	8,0	8,9	8	0,02
12	4,8	8,2	9,7	0	–
НСР _{0,05}			0,4		0,02

Учитывая, что при сорбции ионов кальция и магния происходит их замена в эквивалентных количествах на противоионы катионита, представляло интерес оценить содержание ионов [Na⁺] в очищенной воде. Из таблицы 5 следует, что содержание ионов [Na⁺] в первых 7-ми пробах, незначительно превышает нормативные требования (0,20 г/дм³). Лимитирующим фактором, ограничивающим использование данной воды в питьевых целях, являлась концентрация ионов натрия, которая незначительно превышала ПДК (0,20 г/дм³).

Так как концентрация ионов натрия была получена расчётным методом, представлялось необходимым провести биотестирование и путём эксперимента оценить токсичность первых 8-ми проб (3,2 дм³). Показатели химического состава полученной объединённой пробы приведены в таблице 6.

В ходе биотестирования с использованием низших ракообразных (*Daphnia magna* Straus) было установлено отсутствие токсического эффекта указанной объединённой пробы воды. Ожидаемо более высокую чувствительность проявила тест-культура микроводорослей хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer).

Из данных таблицы 7 следует, что в вариантах 2–5 снижение средней величины оптической плотности тест-культуры по сравнению с контрольным вариантом не превышало 16 %. Таким образом, при разбавлении тестируемой воды в три и более раз она становилась безвредной в отношении используемого тест-организма

(*Chlorella vulgaris* Beijer). Однако в варианте без разбавления отклонение от контроля составило 35 %.

Таблица 6
Показатели жёсткости объединённой пробы (1–8) водопроводной воды (Ж = 9,7, [Ca²⁺] = 6,6, [Mg²⁺] = 3,1 мг-экв/дм³), пропущенной через катионит КУ-2-8 (объем 0,01 дм³) в Na⁺ форме

№ пробы	рН	Ж, мг-экв/дм ³	[Ca ²⁺]		[Mg ²⁺]		[Na ⁺]	
			мг-экв/дм ³	мг/дм ³	мг-экв/дм ³	мг/дм ³	мг-экв/дм ³	мг/дм ³
1–8	8,4	1,0	0,1	2,0 ± 0,01	0,9	21,6 ± 0,17	9,0	207,0 ± 12,2

Таблица 7
Изменение оптической плотности тест-культуры водорослей хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer), культивируемой на очищенной водопроводной воде (объединённая проба 1–8)

Вариант	Разбавление тестируемых вод, разы	Оптическая плотность, ед.	Отклонение от контроля, %	Токсический эффект
контроль	0	0,171 ± 0,006	0	–
1	1 (без разбавления)	0,231 ± 0,004	–35	оказывает
2	3	0,199 ± 0,003	–16	не оказывает
3	9	0,198 ± 0,005	–16	не оказывает
4	27	0,182 ± 0,006	–6	не оказывает
5	81	0,178 ± 0,002	–4	не оказывает

Полученные результаты указывают на наличие токсического эффекта тестируемой воды без разбавления. По результатам расчётов токсичности нами был сделан вывод о возможности безопасного использования изученной водопроводной воды, очищенной на катионите КУ-2-8 в Na⁺ форме, после её дополнительного разбавления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установленные нормативы предусматривают необходимые требования к качеству воды, включая контроль жесткости в пределах < 7,0 мг-экв/дм³. Проведение биотестирования жёсткой водопроводной воды, подаваемой на Северную сторону г. Севастополя (9,7 мг-экв/дм³), показало, что её использование может оказывать неблагоприятное воздействие на изучаемые тест-организмы (*Chlorella vulgaris* Beijer).

2. Проведён патентный поиск применяемых сегодня технологий безопасного умягчения питьевой воды, которые по результатам исследования были разделены на две группы: реагентные и ионообменные. Произведена апробация выбранных подходов с целью выбора наиболее эффективного метода умягчения жёсткой питьевой воды.
3. Предложено использование метода эффективного умягчения питьевой воды, основанного на использовании композиции известии тетрагидроксоалюмината натрия. При добавлении $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ в воду, рН которой был предварительно доведён известью до 10,5, в дозах 0,1 мг-экв/дм³ была отмечена высокая эффективность умягчения воды (до 1 мг-экв/дм³) при остаточном рН 8,9 и отсутствии в воде ионов алюминия. В данном случае была достигнута степень умягчения воды на уровне 87 %.

Список литературы

1. Заболотный М. Ю. Оценка актуальности нормативных требований к показателю жесткости питьевой воды / М. Ю. Заболотный, Е. Г. Винокуров, Х. А. Невмятулина, Т. Ф. Бурухина // Компетентность. – 2019. – № 2. – С. 13–17.
2. Рябчиков Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования: [питьевая вода, пищевая промышленность, энергетика] / Б. Е. Рябчиков. – М.: ДеЛи принт, 2004 (ПИК ВИНТИ). – 326 с.
3. Омельчук Ю. А. Использование новых реагентов и технологий в промышленном водопользовании: монография / Ю. А. Омельчук, Г. В. Кучерик. – Севастополь: СевГУ, 2020. – 276 с.
4. Григорьев Ю. С. Методика измерений количества дафний (*Daphnia magna* Straus) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления методом прямого счета. ПНД Ф 14.1:2:4.12-06 16.1:2.3.3.9-06, ФР.1.39.2015.19999 / Ю. С. Григорьев, Т. Л. Шашкова. – М., 2006 (изд. 2014). – 39 с.
5. Григорьев Ю. С. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 Т 16.1:2:2.3:3.7-04, ФР.1.39.2015.20001 / Ю. С. Григорьев. – М., 2004 (изд. 2014). – 37 с.
6. Макаренко И. Н. Применение гидроксоалюмината натрия при кондиционировании воды для систем охлаждения в промышленности и энергетике / И. Н. Макаренко, Т. А. Шаблий, Т. В. Крысенко // Химия и технология воды. – 2009. – 31, № 5. – С. 542–551.
7. Гомеля Н. Д. Глубокое умягчение воды гидроксоалюминатом натрия для замкнутых систем водопользования / Н. Д. Гомеля, Е. Н. Панов, Т. А. Шаблий // Экология и промышленность. – 2009. – № 1. – С. 15–19.
8. Патент Украины 30901 А, МПК C02F5/02. Способ умягчения воды с помощью водных растворов гидроксоалюмината натрия: опубл. 15.12.2000, бюл. № 7.
9. Патент № 2093479 Российская Федерация, МПК C02F 5/00(1995.01). Состав для умягчения воды: № 94014670/26: заявл. 19.04.1994: опубл. 27.02.1996 / Тарханов О. В., Тарханова Л. С., Тарханов А. О., Тарханов В. О.; заявитель Тарханова Л. С. – 4 с.
10. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: издание официальное: утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29.01.2021: введен 01.03.2021. – М.: Минюст, 2021. – 469 с.
11. Чепкасова Н. И. Исследование применимости алюминиевых и железных коагулянтов в технологии реагентного умягчения воды для нужд питьевого водоснабжения / Н. И. Чепкасова, Р. В. Федотов,

- С. И. Игнатенко // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности промышленных регионов», г. Кемерово, 3–4 октября 2017 г. – Новочеркасск: Лик, 2017. – С. 136–138.
12. Фесенко Л. Н. Исследования эффективности коагулянта оксихлорида алюминия в технологии едко-натрового умягчения донской воды для хозяйственно-питьевых целей / Л. Н. Фесенко, Р. В. Федотов, С. И. Игнатенко // Техновод. – 2016. – Т. 384. – С. 85–92.
 13. Драгинский В. Л. Коагуляция в технологии очистки природных вод / В. Л. Драгинский, Л. П. Алексеева, С. В. Гетманцев. – М., 2005. – 576 с.
 14. Патент № 2462422 Российская Федерация, МПК C02F 5/02 (2006.01). Способы умягчения воды от солей жёсткости: № 2011108618/05: заявл. 04.03.2011: опубл. 27.09.2012 / Косинцев В. И., Сечин А. И., Куликова М. В., Бордунов С. В.; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». – 4 с.
 15. Игнатенко С. И. Технологические и проектные решения реконструкции сооружений очистки воды нижнего течения р. Дон. / С. И. Игнатенко, А. Ю. Черкесов, Л. Н. Фесенко // Техновод. – 2016. – Т. 384. – С. 75–85.
 16. Патент № 2132305 Российская Федерация, МПК C02F 1/52(2006.01). Способ умягчения и очистки питьевой воды: № 95111421/25: заявл. 03.07.1999: опубл. 27.06.1999 / Абдуллатипова Д. М., Даудова Т. М., Аминова Э. М., Мурадов М. С., Ахмедов М. Э.; заявитель Дагестанский политехнический институт. – 5 с.
 17. Патент № 1278300 СССР, МПК C02F 1/42(2006.01). Способ умягчения воды: № 3873666/27-26: заявл. 07.01.1985: опубл. 23.12.1986 / Ильин Е. Е., Береза А. И., Рудик Т. Г., Беличенко Ю. П.; заявитель Всесоюзный заочный институт, Институт железнодорожного транспорта. – 3 с.
 18. Патент № 2217384 Российская Федерация, МПК C02F 1/46, 5/00(2006.01). Способ умягчения воды: № 2002118421/12: заявл. 08.07.2002: опубл. 27.11.2003 / Макаров В. В., Боровинский Б. А., Быков В. И., Остапчик Е. П., Иванова О. В., Остапчик Д. Е.; заявитель Пермский государственный технический университет. – 5 с.
 19. Патент № 1401021 СССР, МПК C02F 5/14, 1/56(2006.01). Способ умягчения природных вод: № 4110783/29-26: заявл. 22.06.1986: опубл. 07.06.1988 / Амосова Э. Г., Гутникова Р. И., Берелович А. Х., Бондаренко В. И., Гизатулин Р. М., Семенов А. А., Ахмеров М. М.; заявитель Ташкентский филиал ВНИИ водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрологии «Водгео» и Чирчикское производственное объединение «Электрохимпром» им. Л.А. Констандова. – 3 с.
 20. Гнусин, Н. П. Соосаждение кальция и магния при щелочном умягчении пресных вод / Н. П. Гнусин, И. А. Тихонова, И. Г. Лукнаец // Химия и технология воды. – 1989. – Т. 11, № 5. – С. 421–424.
 21. Серпокрылов Н. С. Применение оксихлоридов алюминия в очистки и доочистке вод / Н. С. Серпокрылов, Е. В. Вильсон, М. Н. Царева [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника, 2003. – № 2. – С. 32–35.

**USE OF A COMPOSITION OF CALCIUM OXIDE AND SODIUM
TETRAHYDROXOALUMINATE IN ENVIRONMENTALLY SAFE WATER
SOFTENING TECHNOLOGIES**

Kucherik G. V., Sytnikov D. M., Omelchuk Yu. A.

*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia
E-mail: galina_kucherik@mail.ru*

High quality drinking water is an important factor in maintaining the health of its consumers and the reliable operation of water supply systems. The increased hardness of

water from underground water intakes for domestic and drinking water supply in the city of Sevastopol is an urgent problem that requires resolution. In this work, environmentally friendly technologies used today were reviewed and methods of water softening were experimentally tested.

The object of the study was tap water from the Northern side of Sevastopol, the source of which is the Vilinskiy and Orlovskiy underground water intakes. The water entering to the centralized water supply system has an excess of hardness here and is characterized by the following indicators: pH – 7.9 ± 0.2 ; total hardness – 9.7 mEq/dm^3 ; $[\text{Ca}^{2+}]$ – 6.6 mEq/dm^3 ; $[\text{Mg}^{2+}]$ – 3.1 mEq/dm^3 .

The standards established in SanPiN 1.2.3685-21 provide the necessary requirements for water quality, including hardness control within the range of $< 7.0 \text{ mEq/dm}^3$. Biotesting of hard tap water supplied to the Northern side of Sevastopol (9.7 мг-экв/дм^3) showed that its use can have an adverse effect on the test organisms being studied (*Chlorella vulgaris* Beijer).

A patent search was conducted for technologies used today for safe softening of drinking water, which, based on the results of the study, were divided into two groups: reagent and ion exchange. The selected technologies were tested in order to select the most effective method of softening hard drinking water.

The use of a method for effective softening of drinking water based on the use of a composition of lime and sodium tetrahydroxyluminate is proposed. When $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ was added to water, the pH of which was previously adjusted to 10.5 with lime, in doses of 0.1 mEq/dm^3 , high efficiency of water softening was noted (up to 1 mEq/dm^3) at residual pH 8.9 and the absence of aluminum ions in the water. In this case, a degree of water softening of 87 % was achieved.

Keywords: water hardness, water softening methods, calcium oxide, sodium tetrahydroxyluminate.

References

1. Zabolotny M. Yu., Vinokurov E. G., Nevmyatullina H. A., Burukhina T. F. Assessing the relevance of regulatory requirements for the hardness of drinking water, *Competence*, **2**, 13 (2019). (in Russ.).
2. Ryabchikov B. E. *Modern methods of water preparation for industrial and domestic use: [drinking water, food industry, energy]*, 326 p. (Moscow: DeLi print, 2004 (PIK VINITI). (in Russ.).
3. Omelchuk Yu. A., Kucherik G. V. *The use of new reagents and technologies in industrial water use: monograph*, 276 p. (Sevastopol: SevGU, 2020). (in Russ.).
4. Grigoriev Yu. S., Shashkova T. L. *Methodology for measuring the number of daphnia (Daphnia magna Straus) to determine the toxicity of drinking, fresh natural and waste water, water extracts from soils, soils, sewage sludge, industrial and consumer waste using the direct counting method*. PND F 14.1:2:4.12-06 16.1:2.3.3.9-06, FR.1.39.2015.19999, 39 p. (Moscow, 2006 (ed. 2014). (in Russ.).
5. Grigoriev Yu. S. *A method for measuring the optical density of a culture of chlorella algae (Chlorella vulgaris Beijer) to determine the toxicity of drinking, fresh natural and waste waters, water extracts from soils, soils, sewage sludge, industrial and consumer wastes*. PND F T 14.1:2:3:4.10-04 T 16.1:2:2.3:3.7-04, FR.1.39.2015.20001, 37 p. (Moscow, 2004 (ed. 2014). (in Russ.).
6. Makarenko I. N., Shabliy T. A., Krysenko T. V. Application of sodium hydroxoaluminate in water conditioning for cooling systems in industry and energy, *Chemistry and water technology*, **5**, 542 (2009). (in Russ.).
7. Gomel N. D., Panov E. N., Shabliy T. A. Deep softening of water with sodium hydroxoaluminate for closed water use systems, *Ecology and Industry*, **1**, 15 (2009). (in Russ.).

8. Patent of Ukraine 30901 A, IPC C02F5/02. Method for softening water using aqueous solutions of sodium hydroxoaluminate: publ. 12/15/2000, bulletin. No. 7. (*in Ukr.*).
9. Patent No. 2093479 Russian Federation, IPC C02F 5/00 (1995.01). *Composition for water softening*: No. 94014670/26: appl. 04/19/1994: publ. 02/27/1996 / Tarkhanov O. V., Tarkhanova L. S., Tarkhanov A. O., Tarkhanov V. O.; applicant Tarkhanova L. S., 4 p. (*in Russ.*).
10. SanPiN 1.2.3685-21 *Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors to humans*: official publication: approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 01/29/2021: introduced 03/01/2021, 469 p. (Moscow: Ministry of Justice, 2021). (*in Russ.*).
11. Chepkasova N. I., Fedotov R. V., Ignatenko S. I. Study of the applicability of aluminum and iron coagulants in the technology of reagent water softening for the needs of drinking water supply, *Materials of the International Scientific and Practical Conference "Current Issues of Environmental Protection and Ensuring the Environmental Safety of Industrial Regions"*, Kemerovo, October 3–4, 2017. pp. 136–138 (Novocherkassk: Lik, 2017). (*in Russ.*).
12. Fesenko L. N., Fedotov R. V., Ignatenko S. I. Research on the effectiveness of the coagulant aluminum oxychloride in the technology of caustic soda softening of Don water for household and drinking purposes, *Technovod*. **384**, 85 (2016). (*in Russ.*).
13. Draginsky V. L., Alekseeva L. P., Getmantsev S. V. *Coagulation in the technology of natural water purification*, 576 p. (Moscow, 2005). (*in Russ.*).
14. Patent No. 2462422 Russian Federation, IPC C02F 5/02 (2006.01). *Methods for softening water from hardness salts*: No. 2011108618/05: application. 03/04/2011: publ. 09.27.2012 / Kosintsev V. I., Sechin A. I., Kulikova M. V., Bordunov S. V.; applicant National Research Tomsk Polytechnic University, 4 p. (*in Russ.*).
15. Ignatenko S. I., Cherkesov A. Yu., Fesenko L. N. Technological and design solutions for the reconstruction of water treatment facilities in the lower reaches of the Don River, *Technovod*. **384**, 75 (2016). (*in Russ.*).
16. Patent No. 2132305 Russian Federation, IPC C02F 1/52 (2006.01). *Method for softening and purifying drinking water*: No. 95111421/25: application. 07/03/1999: publ. 06.27.1999 / Abdullatipova D. M., Daudova T. M., Aminova E. M., Muradov M. S., Akhmedov M. E.; applicant Dagestan Polytechnic Institute, 5 p. (*in Russ.*).
17. Patent No. 1278300 USSR, IPC C02F 1/42 (2006.01). *Water softening method*: No. 3873666/27-26: application. 01/07/1985: publ. 12/23/1986 / Ilyin E. E., Bereza A. I., Rudik T. G., Belichenko Yu. P.; applicant All-Union Correspondence Institute, Institute of Railway Transport. – 3 p. (*in Russ.*).
18. Patent No. 2217384 Russian Federation, IPC C02F 1/46, 5/00 (2006.01). *Water softening method*: No. 2002118421/12: application. 07/08/2002: publ. 11.27.2003 / Makarov V. V., Borovinsky B. A., Bykov V. I., Ostapchik E. P., Ivanova O. V., Ostapchik D. E.; applicant Perm State Technical University. – 5 p. (*in Russ.*).
19. Patent No. 1401021 USSR, IPC C02F 5/14, 1/56 (2006.01). *Method for softening natural waters*: No. 4110783/29-26: application. 06/22/1986: publ. 06/07/1988 / Amosova E. G., Gutnikova R. I., Berelovich A. Kh., Bondarenko V. I., Gizatulin R. M., Semenov A. A., Akhmerov M. M.; applicant Tashkent branch of VNNI water supply, sewerage, hydraulic structures and engineering hydrology "Vodgeo" and Chirchik production association "Elektrokhimprom" named after L. A. Konstandova. – 3 p. (*in Russ.*).
20. Gnusin N. P., Tikhonova I. A., Luknatsets I. G. Co-precipitation of calcium and magnesium during alkaline softening of fresh water, *Chemistry and water technology*. **11** (5), 421 (1989). (*in Russ.*).
21. Serpokrylov N. S., Wilson E. V., Tsareva M. N. [et al.]. Application of aluminum oxychlorides in water treatment and post-treatment, *Water supply and sanitary engineering*. **2**, 32 (2003). (*in Russ.*).

УДК 546.62 : 546.561

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-299-306

СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННОГО АЛЮМИНАТА МЕДИ СОСТАВА $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$

Макогон А. Г., Белая Е. А.

*Челябинский государственный университет, Челябинск, Россия
E-mail: a-216@yandex.ru*

Золь-гель синтезом получены Mg-замещенные алюминаты меди со структурой делафоссита. Синтезированные соединения исследованы методами рентгенофазового анализа и импедансной спектроскопии; определена энергия активации проводимости по температурной зависимости электропроводности.

Ключевые слова: алюминат меди, структура делафоссита, твердые растворы, золь-гель метод, прозрачные проводящие оксиды.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство существующих на сегодняшний день прозрачных проводящих оксидов являются полупроводниками n-типа, но в настоящее время больший интерес представляют оксиды с p-типом проводимости. Их уникальная кристаллографическая структура обеспечивает анизотропную среду для носителей заряда и фононов, что считается причиной увеличения термо-ЭДС [1]. Основная проблема, которая ограничивает широкое применение прозрачных проводящих оксидов с p-типом проводимости, является сложность их синтеза, что, согласно авторам [2] связано с особенностями электронной структуры таких соединений.

Уникальным представителем прозрачных проводящих оксидов является алюминат меди со структурой делафоссита (CAO). Его слоистая структура, представленная гантелеобразным слоем O-M^I-O и слоем M^{III}O₂ (Рис. 1.), приводит к увеличению ширины запрещенной зоны до 3,5 eV по сравнению с другими проводящими оксидами p-типа [2]. Низкое координационное число ионов M^I обусловлено удаленностью от кислородных лигандов, что является следствием сильного кулоновского отталкивания между 2p-электронами кислорода и d¹⁰-электронами M^I. Благодаря такой структуре носители заряда, роль которых играют дырки могут легче перемещаться по слою O-Cu-O вдоль плоскости ab, чем по изолирующему слою Al-O₆ вдоль оси c. Такая электронная конфигурация CuAlO₂ снижает несвязывающую природу ионов оксида и делокализует дырки на краю валентной зоны.

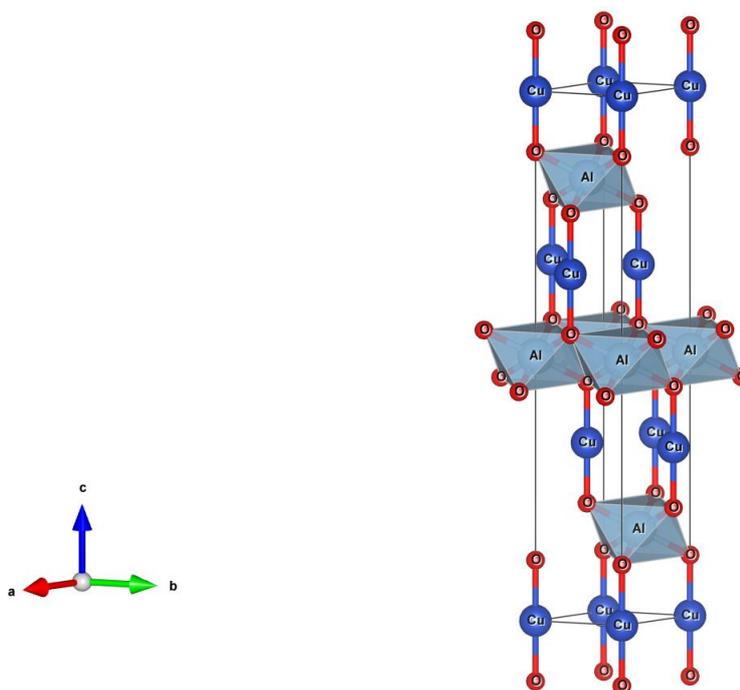


Рис. 1. Кристаллическая структура CuAlO_2 .

В работе [3] сообщается о делокализации дырок за счет замещения ионов M^{III} различными ионами металлов, что приводит к образованию акцепторных уровней с более высокими энергиями, чем в незамещенных образцах.

Сильная локализация дырок, полученных за счет легирования или нестехиометрии при синтезе на 2p-уровнях кислорода или верхней границе валентной зоны возникает из-за высокой электроотрицательности кислорода. Энергия 2p-орбиталей кислорода значительно ниже валентной зоны атомов металла, что приводит к образованию акцепторного уровня с низким значением энергии для дырок [4]. Следовательно, эти дырки не способствуют миграции носителей заряда внутри кристаллической решетки, что приводит к низкой проводимости и подвижности дырок [5, 6].

Целью работы являлось получение и изучение свойств замещенного алюмината меди состава $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Замещенный алюминат меди состава $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$, где $x = 0; 0.1; 0.2$ получали методом золь-гель синтеза по предложенной ранее методике [7]. Для этого эквивалентные соотношения нитрата меди, нитрата магния и нитрата алюминия растворяли в изопропиловом спирте и перемешивали на магнитной мешалке в течение 1 часа.

После этого к раствору добавляли лимонную кислоту при мольном соотношении $Cu^+ : Al^{3+} / Mg^{2+} : H_3Cit$ 1:1:4 и снова перемешивали в течение 1 часа. В результате получали голубой золь. Затем золь нагревали при непрерывном перемешивании при 80 °С для получения геля. Гели прокаливали в муфельной печи в режиме теплового удара 1000 °С в течение 6 ч.

Для проведения рентгенофазового анализа полученных порошков использовали рентгеновский дифрактометр ДРОН 3М ($CuK\alpha$ -излучение, 30 кВ, 20 мА). Для идентификации фаз использовалась база данных JCPDS. Размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) рассчитывали по уравнению Селякова-Шеррера.

Отклик электрического импеданса регистрировали импедансметром Elins Z-1500j в диапазоне частот от 10 Гц до 2 МГц и диапазоне температур от 50°С до 150°С. Для измерений использовалась двухэлектродная ячейка с графитовыми электродами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным РФА (Рис. 2.), все полученные образцы являются однофазными продуктами, которые можно отнести к алюминату меди со структурой делафоссита (пр. гр. R-3m, JCPDS 35-1401).

С использованием программного пакета Jana2006 [8] методом Ле Бейля уточнены параметры элементарной ячейки полученных образцов (таблица 1).

Таблица 1

Уточненные параметры элементарной ячейки для полученных образцов

Образец	Параметры элементарной ячейки	ОКР
$CuAlO_2$	$a=b=2.8542\pm 0.0001 \text{ \AA}$ $c=16.9289\pm 0.0009 \text{ \AA}$, $V=119.43\pm 0.01 \text{ \AA}^3$	32 нм
$CuAl_{0.99}Mg_{0.01}O_2$	$a=b=2.8499\pm 0.0002 \text{ \AA}$ $c=16.906\pm 0.001 \text{ \AA}$ $V=118.92\pm 0.01 \text{ \AA}^3$	31 нм
$CuAl_{0.98}Mg_{0.02}O_2$	$a=b=2.8505\pm 0.0003 \text{ \AA}$ $c=16.915\pm 0.001 \text{ \AA}$ $V=119.03\pm 0.02 \text{ \AA}^3$	28 нм

С увеличением содержания Mg^{2+} дифракционные максимумы всех образцов смещаются в сторону меньших углов, что отражает изменение решетки $CuAlO_2$ для всех замещенных образцов. По данным ионных радиусов Mg^{2+} , Cu^+ и Al^{3+} (Mg^{2+} : 0,066 нм, Cu^+ : 0,095 нм и Al^{3+} : 0,055 нм) можно сделать вывод, что замещенный Mg присутствует в Al-узле решетки $CuAlO_2$ с образованием твердого раствора замещения.

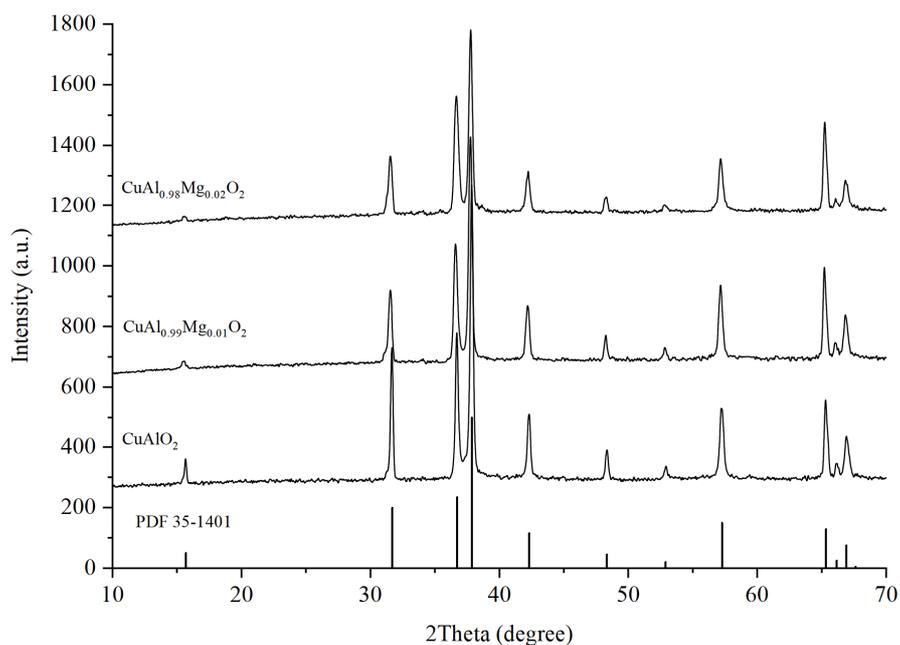


Рис. 2. Дифрактограммы полученных образцов $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$.

Для исследования электрических и диэлектрических свойств применялся метод импедансной спектроскопии [9]. В данной работе исследовали спектры импеданса САО для изучения влияния частичной замены ионов Al^{3+} на ионы Mg^{2+} на проводящие свойства конечного продукта.

В диапазоне температур 50–150⁰С годографы импеданса для незамещенного образца состава CuAlO_2 (Рис. 3.) представляли собой деформированную полуокружность, что соответствует электронной проводимости, а так же предполагает, что процессы релаксации не соответствуют идеальной релаксации Дебая, что согласуется с литературными данными [10]. С повышением температуры полуокружности сужаются, что указывает на термическую активацию носителей зарядов. Кроме того, пересечение полуокружности на оси Z' уменьшается с ростом температуры, демонстрируя поведение отрицательного температурного коэффициента сопротивления, т. е. поведение аналогично полупроводниковым структурам. Для всех замещенных образцов состава $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$ форма годографов была аналогичной CuAlO_2 .

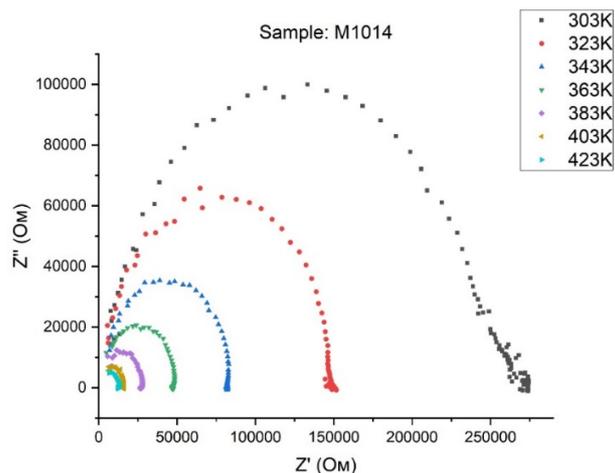


Рис. 3. Годографы импеданса для незамещенного образца состава CuAlO_2 .

Для определения электропроводности годографы экстраполировались на нулевую частоту с последующим расчетом удельной электропроводности. Как показано на Рис. 4, электропроводность имеет линейную зависимость от обратной температуры, что подчиняется уравнению Аррениуса (1):

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{\Delta E_a}{kT}\right), \quad (1)$$

где σ_0 – предэкспоненциальный множитель; E_a – энергия активации, и k – постоянная Больцмана, соответственно.

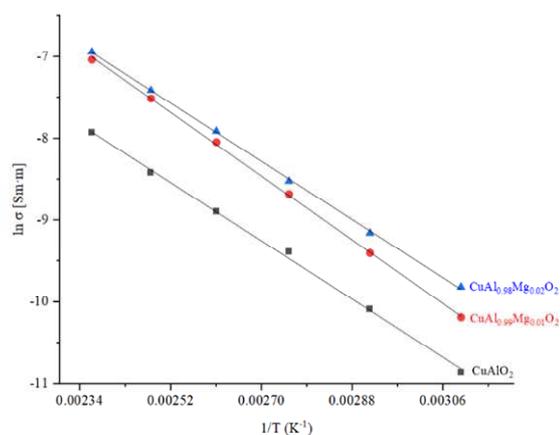


Рис. 4. Температурная зависимость электропроводности для полученных образцов.

Частичная замена ионов алюминия ионами магния увеличивает электропроводность примерно в 3 раза, что наблюдается в аналогичных работах по исследованию тонких пленок исследуемого соединения [11, 12].

Определена энергия активации проводимости, которая составила $(0,327 \pm 0,004)$, $(0,379 \pm 0,004)$, $(0,319 \pm 0,005)$ эВ для образцов CuAlO_2 , $\text{CuAl}_{0,99}\text{Mg}_{0,01}\text{O}_2$, $\text{CuAl}_{0,98}\text{Mg}_{0,02}\text{O}_2$ соответственно, что коррелирует с данными таблицы 1.

Значения энергии активации согласуются с моделью зонной структуры, предложенной в работе [13], где положение акцепторного уровня для CuAlO_2 соответствует $\sim 0,7$ eV и могут соответствовать положению дополнительных дефектных уровней, которые появляются при термической активации дырок от дефектов в зонной структуре.

Полученные данные могут быть полезны при разработке новых функциональных полупроводниковых материалов на основе соединений со структурой дельтафосфита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом золь-гель синтеза получены образцы замещенного алюмината меди состава $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$ ($x=0$, $x=0,01$, $x=0,02$) со структурой дельтафосфита.

Показано, что замещение ионов алюминия на ионы магния в решетке дельтафосфита не приводит к заметному изменению параметров элементарной ячейки.

При изучении проводящих свойств твердых растворов замещенного алюмината меди установлено, что достаточно заместить 1 % ионов алюминия на ионы магния для увеличения проводимости в 2–3 раза в температурном интервале 50–150 °С, при этом незначительно повышается величина энергии активации проводимости с 0,327 до 0,379 эВ.

Список литературы

1. Du X. Epitaxial growth and characterization of high quality In_2O_3 films on a-plane sapphire substrates by MOCVD / X. Du, J. Yu, X. Xiu [et al.] // *Vacuum*. – 2019. – Vol. 167. – P. 1–5.
2. Kawazoe H. Transparent p-type conducting oxides: design and fabrication of pn heterojunctions / H. Kawazoe, H. Yanagi, K. Ueda [et al.] // *Mrs Bulletin*. – 2000. – Vol. 25, № 8. – P. 28–36.
3. Jiang H. Electronic properties of bivalent cations (Be, Mg and Ca) substitution for Al in delafossite CuAlO_2 semiconductor by first-principles calculations / H. Jiang, X. Wang, X. Zang [et al.] // *Journal of alloys and compounds*. – 2013. – Vol. 553. – P. 245–252.
4. Shook J. Effects of vacancies and p-doping on the optoelectronic properties of Cu- and Ag-based transparent conducting oxides / J. Shook, P. D. Borges, L. M. Scolfaro [et al.] // *Journal of Applied Physics*. – 2019. – T. 126, № 7.
5. Şafak-Asar Y. Investigation of dielectric relaxation and ac electrical conductivity using impedance spectroscopy method in $(\text{AuZn})/\text{TiO}_2/\text{p-GaAs}$ (1 1 0) schottky barrier diodes / Y. Şafak-Asar, T. Asar, Ş. Altındal [et al.] // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2015. – Vol. 628. – P. 442–449.
6. Jiang H. F. Vacancies effect on structural, electronic and mechanical properties of delafossite CuAlO_2 / H.F. Jiang, H.J. Xu, P. Wang [et al.] // *Physica B: Condensed Matter*. – 2021. – Vol. 616. – P. 413122.
7. Макогон А. Г. Синтез полупроводника p-типа CuAlO_2 / А. Г. Макогон, Е. А. Белая, А. М. Колмогорцев [и др.] // *Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ*. – 2019. – Т. 8, № 5. – С. 410–414.
8. McCusker L. B. Rietveld refinement guidelines / L. B. McCusker, R. B. Von Dreele, D. E. Cox [et al.] // *Journal of Applied Crystallography*. – 1999. – Vol. 32, № 1. – P. 36–50.

9. Wang Y. Investigation on microstructure and electrical properties of $\text{CuAl}_{1-x}\text{Y}_x\text{O}_2$ ceramics by electrical impedance spectroscopy / Y. Wang, L. Cheng, M. Zhu [et al.] // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2016. – Т. 654. – С. 455–459.
10. Ingram B. J. et al. Transport and defect mechanisms in cuprous delafossites. 2. CuScO_2 and CuYO_2 / B. J. Ingram, B. J. Harder, N. W. Hrabec [et al.] // *Chemistry of materials*. – 2004. – Vol. 16, №. 26. – P. 5623–5629.
11. Jiang H. F. et al. Effects of Mg substitution on the structural, optical, and electrical properties of CuAlO_2 thin films / H. F. Jiang, X. B. Zhu, H. C. Lei [et al.] // *Journal of alloys and compounds*. – 2011. – Vol. 509. – №. 5. – P. 1768–1773.
12. Agrawal S. Influence of Mg on structural, electrical and magnetic properties of CuAlO_2 nanoparticles / Agrawal S., Parveen A., Azam A. // *Materials Letters*. – 2016. – Vol. 168. – P. 125–128.
13. Tate J. Origin of p-type conduction in single-crystal CuAlO_2 / J. Tate, H. L. Ju, J. C. Moon [et al.] // *Phys.Rev. B*. – 2009. – Vol. 80. – P. 165206.

SYNTHESIS OF SUBSTITUTED COPPER ALUMINATE WITH COMPOSITION $\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$

Makogon A. G., Belaya E. A.

*Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia
E-mail: a-216@yandex.ru*

Solid solutions based on copper aluminate CuAlO_2 were synthesized by the sol-gel method.

$\text{CuAl}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_2$ solid solutions with different compositions ($x = 0, 0.01, 0.02$) were formed using X-ray diffraction. These solid solutions have a rhombohedral structure and crystallize in the R-3m symmetry space group. Replacing some aluminum ions with magnesium ions causes a non-monotonic change in the lattice parameters, which is related to the calculated values of the activation energy of conductivity. As the amount of Mg^{2+} increases, the diffraction peaks of all samples move towards smaller angles, showing a change in the CuAlO_2 lattice for all substituted samples. Based on the ionic radii of Mg^{2+} , Cu^+ and Al^{3+} (Mg^{2+} : 0.066 nm, Cu^+ : 0.095 nm and Al^{3+} : 0.055 nm), it can be concluded that substituted Mg is present in the Al site of the CuAlO_2 lattice to form a substitutional solid solution.

The impedance hodographs of the substituted CuAlO_2 sample displayed a distorted semicircle, indicating electronic conductivity, and implying that the relaxation processes deviate from ideal Debye relaxation, in line with existing literature data. With increasing temperature, the semicircles become narrower, which indicates the thermal activation of charge carriers.

Replacing just 1 % of aluminum ions with magnesium ions in solid solutions of copper aluminate was discovered to significantly increase the conductivity by 2–3 times in the temperature range of 50–150 °C. Additionally, the activation energy of conductivity increased from 0.327 to 0.379 eV.

Keywords: copper aluminate, delafossite structure, solid solutions, sol-gel method, transparent conducting oxides.

References

1. Du X., Yu J., Xiu X., Sun Q., Tang W., Man B., Epitaxial growth and characterization of high quality In_2O_3 films on a-plane sapphire substrates by MOCVD, *Vacuum*, **167**, 1 (2019).
2. Kawazoe H., Yanagi H., Ueda K., Hosono H., Transparent p-type conducting oxides: design and fabrication of pn heterojunctions, *Mrs Bulletin*, **25(8)**, 28 (2000).
3. Jiang H., Wang, X., Zang, X., Wu, W., Sun, S., Xiong, C., Yin, W., Gui, C., Zhu, X, Electronic properties of bivalent cations (Be, Mg and Ca) substitution for Al in delafossite CuAlO_2 semiconductor by first-principles calculations, *Journal of alloys and compounds*, **553**, 245 (2013).
4. Shook J., Borges P. D., Scolfaro L. M., Geerts W. J., Effects of vacancies and p-doping on the optoelectronic properties of Cu-and Ag-based transparent conducting oxides, *Journal of Applied Physics*, **126(7)**, 075702 (2019).
5. Şafak-Asar Y., Asar T., Altındal Ş., Özçelik S., Investigation of dielectric relaxation and ac electrical conductivity using impedance spectroscopy method in $(\text{AuZn})/\text{TiO}_2/\text{p-GaAs}$ (1 1 0) schottky barrier diodes, *Journal of Alloys and Compounds*, **628**, 442 (2015).
6. Jiang H. F., Xu H. J., Wang P., Fu P., Pan P. D., Sun S. P., Vacancies effect on structural, electronic and mechanical properties of delafossite CuAlO_2 , *Physica B: Condensed Matter*, **616**, 413122 (2021).
7. Makogon A. G., Belaya E. A., Kolmogortsev A., Viktorov V. V., Synthesis of the p-Type Semiconductor CuAlO_2 , *Vestnik natsional'nogo issledovatel'skogo yadernogo universiteta "MIFI"*, **8(5)**, 410 (2019). (In Russ.)
8. McCusker L. B., Von Dreele R. B., Cox D. E., Louër D., Scardi P., Rietveld refinement guidelines, *Journal of Applied Crystallography*, **32(1)**, 36 (1999).
9. Wang Y., Cheng L., Zhu M., Zhao J., Hou Y., Investigation on microstructure and electrical properties of $\text{CuAl}_{1-x}\text{Y}_x\text{O}_2$ ceramics by electrical impedance spectroscopy, *Journal of Alloys and Compounds*, **654**, 455 (2016).
10. Ingram B. J., Harder B. J., Hrabe N. W., Mason T. O., Poepelmeier K. R., Transport and defect mechanisms in cuprous delafossites. 2. CuScO_2 and CuYO_2 , *Chemistry of materials*, **16(26)**, 5623 (2004).
11. Jiang H. F., Zhu X. B., Lei H. C., Li G., Yang Z. R., Song W. H., Dai J. M., Sun Y. P., Fu Y. K., Effects of Mg substitution on the structural, optical, and electrical properties of CuAlO_2 thin films, *Journal of alloys and compounds*, **509(5)**, 1768 (2011).
12. Agrawal S., Parveen A., Azam A., Influence of Mg on structural, electrical and magnetic properties of CuAlO_2 nanoparticles, *Materials Letters*, **168**, 125 (2016).
13. Tate J., Ju H. L., Moon J. C., Zakutayev A., Richard A. P., Russell J., McIntyre D. H., Origin of p-type conduction in single-crystal CuAlO_2 . *Physical review B*, **80(16)**, 165206 (2009).

УДК 546.05

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-307-315

СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ АЛЮМОИТТРИЕВОГО ГРАНАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИОНООБМЕННОЙ СМОЛЫ

Шергин А. В.¹, Белая Е. А.¹, Жеребцов Д. А.²

¹*ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, Россия*

²*ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», Челябинск, Россия*

E-mail: sasha.shergin31867@gmail.com

В работе представлен синтез наноразмерных порошков алюмоиттриевого граната состава $Y_3Al_5O_{12}$ с применением катионита марки КУ-2 8 чС. Показано, что в объеме гранул данной смолы возможен катионный обмен ионов H^+ на ионы Y^{3+} и Al^{3+} с учетом их различной селективности по отношению к катиониту, причем достигается гомогенное распределение обоих катионов в массе ионообменной смолы. Установлено, что последующая промывка, сушка полученного материала в течение 12 часов и термообработка на воздухе в муфельной печи при $1000\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 3 часов приводит к образованию монофазного образца алюмоиттриевого граната.

Ключевые слова: YAG, ионообменный синтез, сканирующая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ.

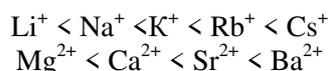
ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время порошок алюмоиттриевого граната $Y_3Al_5O_{12}$ (ИАГ/YAG) не находит широкого применения в чистом виде. Допирование ионами Se^{3+} приводит к появлению люминесцентных свойств, благодаря чему такой материал находит широкое применение в качестве люминофорного конвертера для светодиодных искусственных источников освещения [1–5]. Допирование ИАГ ионами Nd^{3+} приводит к появлению люминесценции в ближней ИК области, что применяется как в лазерах с диодной накачкой [6–8], так и в качестве сцинтилляторов в медицинской радиационной дозиметрии [9, 10]. В настоящее время синтезируют алюмоиттриевый гранат различными методами, но самым распространенным до сих пор является твердофазный или керамический [11–15]. Основными недостатками этого метода являются низкая начальная степень гомогенизации шихты, что приводит к необходимости использования высоких температур термообработки (выше $1300\text{ }^\circ\text{C}$), что повышает степень агломерации частиц, а также необходимость в использовании сверхчистых оксидов иттрия и алюминия в качестве исходного сырья. В последнее время чаще используется золь-гель метод, который позволяет снизить температуру образования чистой фазы алюмоиттриевого граната до $900\text{ }^\circ\text{C}$, обеспечивает хорошее смешивание исходных материалов и хорошую химическую однородность продуктов. Гомогенность геля намного выше, чем у аналогичных смесей оксидов, приготовленных для твердофазного спекания [16, 17]. Однако

ультрамелкие частицы гелеобразного продукта подвергаются сильной агломерации во время термообработки, что приводит к плохой спекаемости полученных порошков. А также золь-гель метод требует значительных объемов растворов и соответствующих аппаратов. В связи с этим разработка альтернативных способов синтеза порошков алюмоиттриевого граната является актуальной задачей.

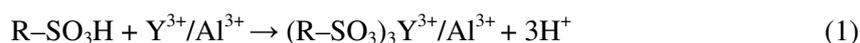
В данной работе представлена методика синтеза наноразмерных порошков алюмоиттриевого граната с применением катионообменной смолы марки КУ-2 8 чС. Неоспоримым преимуществом ионообменного синтеза перед керамическим является повышение дисперсности и гомогенизации компонентов, а также невысокие температуры термообработки.

Сущность предложенного метода синтеза состоит в избирательной адсорбции катионов металлов в объеме катионита, что отражено в рядах селективности [18]:



Изменение энергии гидратации ионов при их переходе из водного раствора в фазу ионита является определяющим в их расположении в рядах селективности. Энергия гидратации уменьшается с увеличением радиусов ионов, следовательно, селективность катионита к катионам закономерно возрастает с увеличением их размеров. Ионный радиус катионов Y^{3+} и Al^{3+} , составляющих алюмоиттриевый гранат составляет 0,92 и 0,39 Å соответственно [19]. Переход более селективно сорбируемого из внешнего раствора в фазу ионита требует меньших энергетических затрат на частичную дегидратацию иона и приводит к наибольшему выделению энергии при его взаимодействии с функциональной группой. Напротив, перемещение менее селективно сорбируемого и более гидратированного иона из ионита в раствор связано с меньшими затратами энергии на преодоление электростатического взаимодействия с функциональной группой и сопровождается выделением энергии вследствие дополнительной гидратации этого иона в растворе.

Катионообменная смола, находящаяся в H^+ -форме, представляет собой полимер с функциональными группами $-\text{SO}_3\text{H}$, в которых протоны способны замещаться на катионы Y^{3+} и Al^{3+} . Общую схему процесса ионообменного синтеза можно представить следующим образом:



Катионообменная смола с адсорбированными на ней катионами подвергается термообработке, что приводит к полному окислению катионита и формированию из образовавшихся оксидов иттрия и алюминия ИАГ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для синтеза в качестве исходных компонентов использовали кристаллогидраты нитратов иттрия $\text{YNO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и алюминия $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, навески которых были взяты в стехиометрическом соотношении $\text{Y}:\text{Al}=3:5$. Далее каждый компонент

отдельно растворили в 25 мл дистиллированной воды при постоянном перемешивании на магнитной мешалке. Затем 1 г катионообменной смолы поместили в раствор, содержащий ионы Y^{3+} на 1 час при постоянном перемешивании. Затем навеску катионита с адсорбированными ионами иттрия отфильтровали, промыли небольшим количеством дистиллированной воды от маточного раствора и поместили в химический стакан, содержащий ионы Al^{3+} , на 15 минут при постоянном перемешивании. После этого, катионит с адсорбированными катионами алюминия и иттрия промыли дистиллированной водой от остатков раствора и высушили на воздухе при комнатной температуре в течение 12 часов. На последней стадии синтеза катионит подвергли термообработке в муфельной печи в воздушной атмосфере при температуре $1000^{\circ}C$ в течение 3 часов.

Рентгенофазовый анализ (РФА) полученных образцов проводили на порошковом рентгеновском дифрактометре ДРОН-3М с излучением CuK_{α} , с фокусировкой по Брэггу-Брентано, при температуре $298K$, со скоростью съемки 2 град/мин. Для определения фазового состава образца была использована база данных JCPDS.

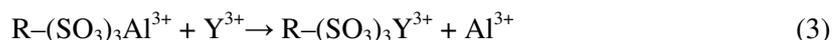
Уточнение структуры образцов проводили методом Ритвельда с использованием программного пакета JANA2006 [20]. Ширину области когерентного рассеяния (ОКР) рассчитывали по уравнению Вильямсона-Холла:

$$\beta_L \cos \theta = \frac{\lambda}{\langle D \rangle} + \varepsilon \cdot 4 \sin \theta \quad (2)$$

Морфологию поверхности и размеры частиц изучали с помощью сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM-7001F при напряжении электронной пушки 20 кВ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Условия ионообменного синтеза были подобраны исходя из того, что ион с большей селективностью способен замещать как свободные $-SO_3H$ группы, так и уже адсорбированные катионы металлов с меньшей селективностью, так как это связано с различными энергетическими затратами при переходе катиона из раствора в фазу ионита. Схема такого процесса:



Влияние последовательности адсорбции катионов при ионообменном синтезе было рассмотрено нами ранее в работе [21], где показано, что только такая схема синтеза приводит к получению монофазного образца ИАГ. Полученная дифрактограмма представлена на рис. 1, где все дифракционные максимумы соответствуют фазе ИАГ. В табл. 1 представлен набор дифракционных максимумов для исследуемого образца.

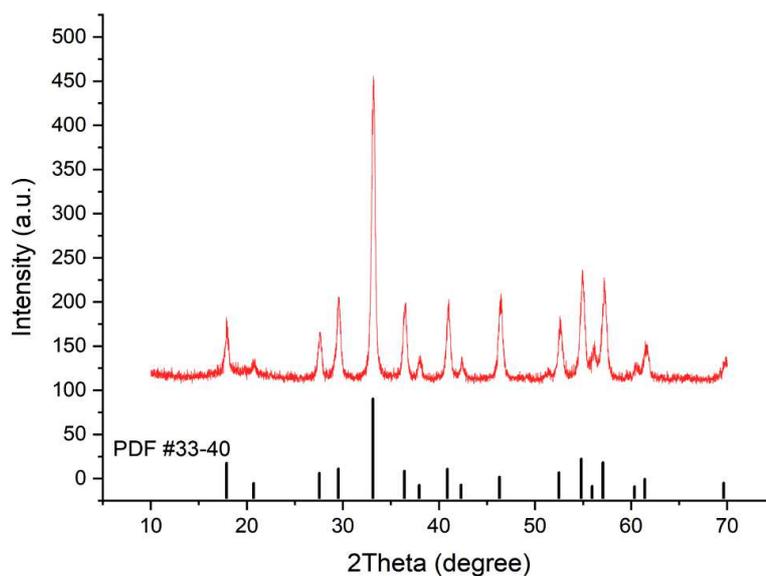


Рис. 1. Дифрактограмма образца алюмоиттриевого граната. Штрих диаграмма – карточка для $Y_3Al_5O_{12}$ PDF №33-40.

Таблица 1

Набор дифракционных максимумов для образца алюмоиттриевого граната

Угол дифракции 2θ , град	Межплоскостное расстояние d , Å	Относительная интенсивность I , %
17,80	4,9828	18,29
20,76	4,2785	6,34
27,56	3,2364	19,02
29,62	3,0158	26,34
33,13	2,7039	100,00
36,45	2,4649	24,15
37,91	2,3732	7,56
40,89	2,2069	24,88
42,37	2,1332	7,80
46,41	1,9565	30,49
52,58	1,7405	20,00
55,00	1,6695	35,12
55,66	1,6513	6,59
57,14	1,6120	35,61
60,48	1,5307	4,63
61,51	1,5075	12,93
69,77	1,3479	5,85

Структуру полученного образца ИАГ уточняли методом Ритвельда. Теоретическую дифрактограмму построили, задав позиции атомов, начальное значение параметра элементарной ячейки алюмоиттриевого граната с пространственной группой симметрии Ia3d. Для описания формы дифракционных максимумов была использована аппроксимирующая функция Войта, представляющая собой линейную комбинацию функций Гаусса и Лоренца. Результаты уточнения представлены на рис. 2 и в табл. 2.

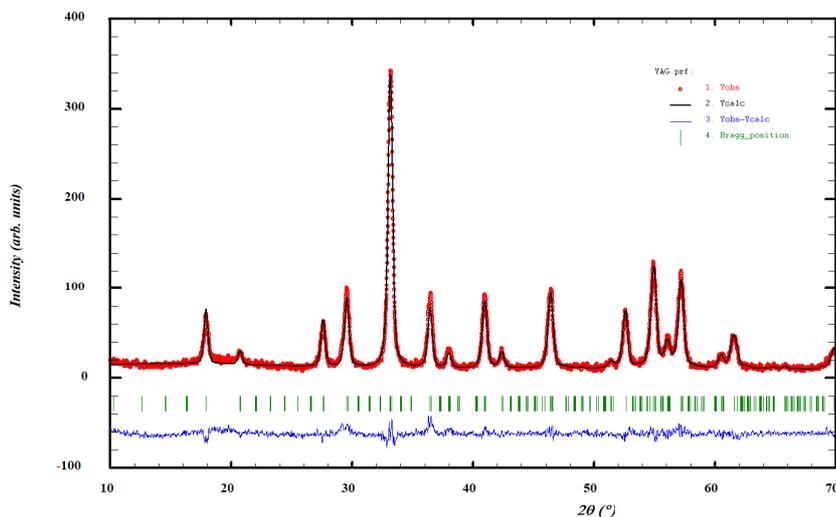


Рис. 2. Уточнение структуры образца YAG. Синяя линия – разница между экспериментом и расчетом.

Таблица 2

Результаты уточнения структуры

Образец	Параметр решетки (a), Å	Объем решетки, Å ³	ОКР, нм	Факторы
PDF №33-40	12,006	1730,7	–	–
YAG	12,080±0,002	1776,9±0,3	19	R _p = 8,81 R _{wp} = 11,39

По данным проведенного анализа, учитывая значения профильного и взвешенного факторов R_p и R_{wp}, которые составили соответственно 8,81 % и 11,39 %, можно сделать вывод о том, что полученный образец кристаллизуется в решетке алюмоиттриевого граната с параметрами структуры, описанными выше. Размер ОКР составил 19 нм, что хорошо согласуется с данными сканирующей электронной микроскопии.

Морфология поверхности полученного образца показана на рис. 3.

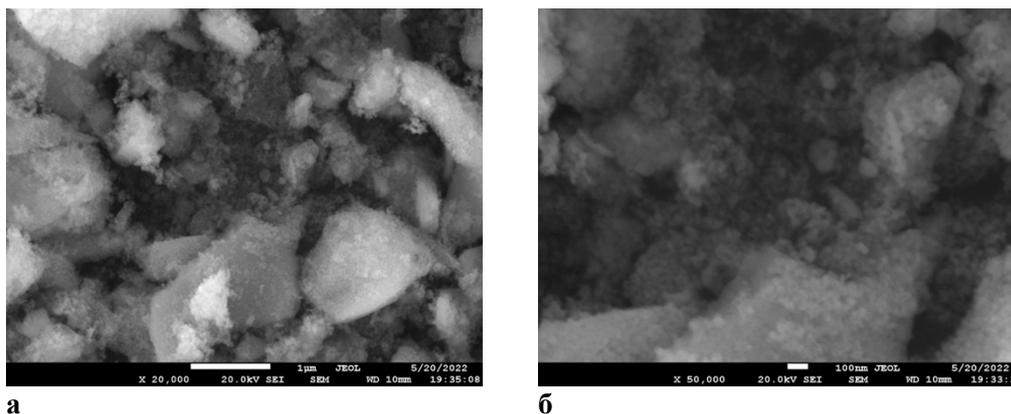


Рис. 3. Электронно-микроскопические изображения поверхности образца алюмоиттриевого граната.

а) Увеличение $\times 20,000$ б) Увеличение $\times 50,000$.

Образец представляет собой частицы округлой формы, размером 15–30 нм в диаметре, большая часть из которых агрегирована в кластеры, размерами 1–2 мкм. Тенденция к образованию крупных агломератов, очевидно, связана с длительной термообработкой при температуре 1000 °С. Для понижения степени агломерации следует уменьшить время термообработки, а также уменьшить температуру, замедляя процесс диффузии. Однако при понижении температуры прокаливания, согласно фазовой диаграмме (рис. 4) возможно образование промежуточных соединений в виде моноклинной структуры $YAlO_3$ и структуры перовскита $Y_4Al_2O_9$.

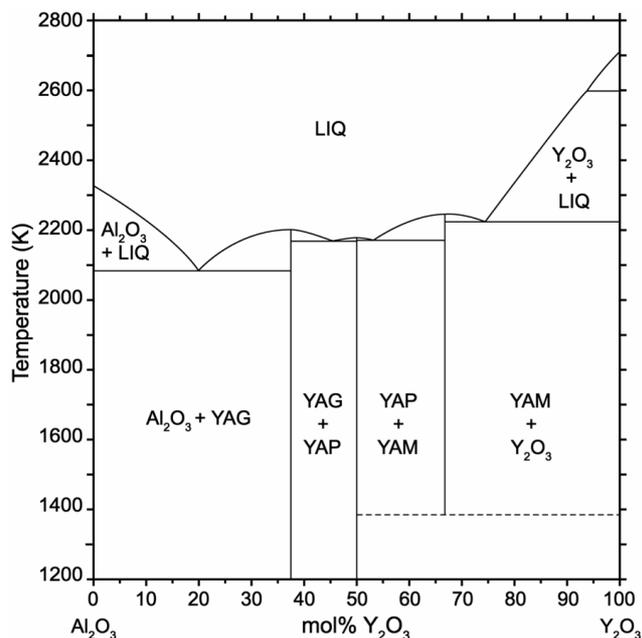


Рис. 4. Фазовая диаграмма двухкомпонентной системы $Al_2O_3 - Y_2O_3$ [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан метод синтеза порошка алюмоиттриевого граната на катионите марки КУ-2 8 чС. Согласно РФА, получен монофазный образец алюмоиттриевого граната, кристаллизующегося в пространственной группе Ia3d.

Методом Ритвельда уточнен параметр элементарной ячейки a и ее объем V , которые составили соответственно 12,080 Å и 1776,9 Å³. Значение факторов сходимости составило меньше 15%, что говорит о достоверности уточнения структуры.

Размер частиц по данным СЭМ варьирует в пределах 15–30 нм, что согласуется с вычисленной по уравнению Вильямсона-Холла шириной ОКР, составившей 19 нм. Наночастицы образуют агломераты размером 1–2 мкм, что может быть связано с длительной термообработкой при 1000°C.

Список литературы

1. Nakamura S. Present performance of InGaN-based blue/green/yellow LEDs // *Light-Emitting Diodes: Research, Manufacturing, and Applications*. – 1997. – Vol. 3002. – P. 26–35.
2. Marin R. Photoluminescence properties of YAG: Ce³⁺, Pr³⁺ phosphors synthesized via the Pechini method for white LEDs / G. Sponchia, P. Riello, R. Sulcis, [et al.] // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2012. – Vol. 14, № 6. – P. 1–13.
3. Xia Z. Ce³⁺-Doped garnet phosphors: composition modification, luminescence properties and applications / A. Meijerink // *Chemical Society Reviews*. – 2017. – Vol. 46, № 1. – P. 275–299.
4. Nishiura S. Properties of transparent Ce: YAG ceramic phosphors for white LED / S. Tanabe, K. Fujioka, Y. Fujimoto // *Optical Materials*. – 2011. – Vol. 33, № 5. – P. 688–691.
5. Asakura R. Tagging of avidin immobilized beads with biotinylated YAG: Ce³⁺ nanocrystal phosphor / T. Isobe, K. Kurokawa, H. Aizawa [et al.] // *Analytical and bioanalytical chemistry*. – 2006. – Vol. 386, № 6. – P. 1641–1647.
6. Geusic J. E. Laser oscillations in Nd-doped yttrium aluminum, yttrium gallium and gadolinium garnets / H. M. Marcos, L. G. Van Uitert // *Applied Physics Letters*. – 1964. – Vol. 4, № 3. – P. 182–184.
7. Benayas A. Nd: YAG near-infrared luminescent nanothermometers / B. del Rosal, A. Pérez-Delgado, K. Santacruz-Gómez [et al.] // *Advanced Optical Materials*. – 2015. – Vol. 3, №5. – P. 687–694.
8. Deineka T. G. Influence of sulfate ions on properties of co-precipitated Y₃Al₅O₁₂: Nd³⁺ nanopowders / A. G. Doroshenko, P. V. Mateychenko, A. V. Tolmachev [et al.] // *Journal of alloys and compounds*. – 2010. – Vol. 508, № 1. – P. 200–205.
9. Sengar P. β-Irradiated thermoluminescence response of nanocrystalline YAG: Pr³⁺ for radiation dosimetry / H. A. Borbón-Núñez, Ch. J. Salas-Juárez, E. M. Aguilar [et al.] // *Materials Research Bulletin*. – 2017. – Vol. 90. – P. 195–204.
10. Rivera T. Thermoluminescence in medical dosimetry / Rivera T. // *Applied radiation and isotopes*. – 2012. – Vol. 71. – P. 30–34.
11. Xu S. Effect of fluxes on structure and luminescence properties of Y₃Al₅O₁₂: Ce³⁺ phosphors / L. Sun, Y. Zhang, H. Ju [et al.] // *Journal of Rare Earths*. – 2009. – Vol. 27, № 2. – P. 327–329.
12. Saat A. Synthesis and characterization of YAG: Ce prepared by solid state reaction method / H. Hazimah, H. Zaini // *Malaysian Journal of Analytical Sciences*. – 2011. – Vol. 15, №1. – P. 101–105.
13. Huang S. C. Particle size effect on the packaging performance of YAG: Ce phosphors in white LEDs / J. K. Wu, W. J. Hsu, H. H. Chang [et al.] // *International Journal of Applied Ceramic Technology*. – 2009. – Vol. 6, № 4. – P. 465–469.
14. Chou C. S. The optimum conditions for solid-state-prepared (Y_{3-x}Ce_x)Al₅O₁₂ phosphor using the Taguchi method / C. Y. Wu, C. H. Yeh, R. Y. Yang [et al.] // *Advanced Powder Technology*. – 2012. – Vol. 23, №1. – P. 97–103.
15. Won C. W. Efficient solid-state route for the preparation of spherical YAG: Ce phosphor particles / H. H. Nersisyan, H. I. Won, J. H. Lee [et al.] // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2011. – Vol. 509, № 5. – P. 2621–2626.

16. Hora D. A. Effect of the PVA (polyvinyl alcohol) concentration on the optical properties of Eu-doped YAG phosphors / A. B. Andrade, N. S. Ferreira, V. C. Teixeira [et al.] // *Optical Materials*. – 2016. – Vol. 60. – P. 495–500.
17. Su X. Low temperature synthesis and characterization of YAG nanopowders by polyacrylamide gel method / J. Zhou, G. Bai, J. Zhang [et al.] // *Ceramics International*. – 2016. – Vol. 42, № 15. – P. 17497–17502.
18. Нестеров Ю. В. Иониты и ионообмен. Сорбционная технология при добыче урана и других металлов методом подземного выщелачивания / Нестеров Ю. В. // М.: Юникорн-издат. – 2007. – 480 с.
19. Бацанов С. С. Структурная химия. Факты и зависимости./ Бацанов С. С. – М.: Диалог-МГУ. – 2000. – 292 с.
20. Petříček V. Crystallographic computing system JANA2006: general features / M. Dušek, L. Palatinus // *Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials*. – 2014. – Vol. 229, №5. – P. 345–352.
21. Шергин А. В. Синтез алюмоиттриевого граната на ионообменной матрице / Шергин А. В. // *Химия: Материалы 60-й Междунар. науч. студ. конф. 10–20 апреля 2022 г.* / Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск: ИПЦ НГУ. – 2022. – 218 с.
22. Fabrichnaya O. The assessment of thermodynamic parameters in the $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--Y}_2\text{O}_3$ system and phase relations in the Y–Al–O system / H. J. Seifert, T. Ludwig, F. Aldinger [et al.] // *Scandinavian journal of metallurgy*. – 2001. – Vol. 30, № 3. – P. 175–183.

SYNTHESIS OF NANOSIZED YTTRIUM ALUMINUM GARNET POWDERS USING ION-EXCHANGE RESIN

Shergin A. V.¹, Belaya E. A.¹, Zherebtsov D. A.²

¹*Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia*

²*South Ural State University, Chelyabinsk, Russia*

E-mail: sasha.shergin31867@gmail.com

The article presents the synthesis of nanosized powders of yttrium aluminum garnet $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ using a KU-2 8 chS cation-exchange resin. It is shown that in the volume of the granules of this resin, the cation exchange of H^+ ions for Y^{3+} and Al^{3+} ions are possible, taking into account their different selectivity with respect to the cation exchanger, and a homogeneous distribution of both cations in the mass of the ion exchange resin is achieved. It has been established that subsequent washing, drying of the obtained material for 12 hours and heat treatment in air in a muffle furnace at 1000°C for 3 hours leads to the formation of a monophasic sample of yttrium aluminum garnet. The resulting product was a white powder, which was examined by X-ray phase analysis and scanning electron microscopy. X-ray phase analysis confirmed that the final product has a garnet structure with the Ia3d symmetry space group. The resulting sample does not contain foreign phases in the form of intermediate compounds or initial components of the reaction. The set of diffraction maxima made it possible to calculate the main characteristics of the structure: the unit cell parameter a , the unit cell volume V , and the width of the coherent scattering region. The reliability of the calculations is confirmed by the values of the profile (R_p) and weighted (R_{wp}) convergence factors, which were less than 12%. The value of the size of the coherent scattering region calculated using the Williamson-Hall equation was 19 nm. According to the data of scanning electron microscopy, the sample is a spherical particle with a diameter of about 15–30 nm, which agrees with the width of the coherent scattering region. Nanoparticles are folded into porous aggregates having multimicron sizes.

Keywords: YAG, ion-exchange synthesis, scanning electron microscopy, X-ray phase analysis.

References

1. Nakamura S., Present performance of InGaN-based blue/green/yellow LEDs. *Light-Emitting Diodes: Research, Manufacturing, and Applications*, **3002**, 26 (1997).
2. Marin R., Sponchia G., Riello P., Sulcis R., Enrichi F., Photoluminescence properties of YAG: Ce³⁺, Pr³⁺ phosphors synthesized via the Pechini method for white LEDs. *Journal of Nanoparticle Research*, **14(6)**, 1 (2012).
3. Xia Z., Meijerink A., Ce³⁺-Doped garnet phosphors: composition modification, luminescence properties and applications. *Chemical Society Reviews*, **46(1)**, 275 (2017).
4. Nishiura S., Tanabe S., Fujioka K., Fujimoto Y., Properties of transparent Ce: YAG ceramic phosphors for white LED. *Optical Materials*, **33(5)**, 688 (2011).
5. Asakura R., Isobe T., Kurokawa K., Aizawa H., Ohkubo M., Tagging of avidin immobilized beads with biotinylated YAG: Ce³⁺ nanocrystal phosphor. *Analytical and bioanalytical chemistry*, **386(6)**, 1641 (2006).
6. Geusic J. E., Marcos H. M., Van Uitert L. G., Laser oscillations in Nd-doped yttrium aluminum, yttrium gallium and gadolinium garnets. *Applied Physics Letters*, **4(3)**, 182 (1964).
7. Benayas A., del Rosal B., Pérez-Delgado A., Santacruz-Gómez K., Jaque D., Hirata G.A., Vetrone F., Nd: YAG near-infrared luminescent nanothermometers. *Advanced Optical Materials*, **3(5)**, 687 (2015).
8. Deineka T. G., Doroshenko A. G., Mateychenko P. V., Tolmachev A. V., Vovk E. A., Vovk O. M., Yavetskiy R. P., Baumer V. N., Sofronov D. S., Influence of sulfate ions on properties of co-precipitated Y₃Al₅O₁₂: Nd³⁺ nanopowders. *Journal of alloys and compounds*, **508(1)**, 200 (2010).
9. Sengar P., Borbón-Nuñez H. A., Salas-Juárez Ch. J., Aguilar E. M., Cruz-Vázquez C., Bernal R., Hirata G. A., β-Irradiated thermoluminescence response of nanocrystalline YAG: Pr³⁺ for radiation dosimetry. *Materials Research Bulletin*, **90**, 195 (2017).
10. Rivera T., Thermoluminescence in medical dosimetry. *Applied radiation and isotopes*, **71**, 30 (2012).
11. Xu S., Sun L., Zhang Y., Ju H., Zhao S., Deng D., Wang H., Wang B., Effect of fluxes on structure and luminescence properties of Y₃Al₅O₁₂: Ce³⁺ phosphors. *Journal of Rare Earths*, **27(2)**, 327 (2009).
12. Saat A., Hazimah H., Zaini H., Synthesis and characterization of YAG: Ce prepared by solid state reaction method. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, **15(1)**, 101 (2011).
13. Huang S. C., Wu J. K., Hsu W. J., Chang H. H., Hung H. Y., Lin C. L., Su N. Bagkar W. C. Ke H. T. Kuo R. S., Liu R. S., Particle size effect on the packaging performance of YAG: Ce phosphors in white LEDs. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, **6(4)**, 465 (2009).
14. Chou C. S., Wu C. Y., Yeh C. H., Yang R. Y., Chen J. H. The optimum conditions for solid-state-prepared (Y_{3-3x}Ce_x)Al₅O₁₂ phosphor using the Taguchi method. *Advanced Powder Technology*, **23(1)**, 97 (2012).
15. Won C. W., Nersisyan H. H., Won H. I., Lee J. H., Lee K. H., Efficient solid-state route for the preparation of spherical YAG: Ce phosphor particles. *Journal of Alloys and Compounds*, **509(5)**, 2621 (2011).
16. Hora D. A., Andrade A. B., Ferreira N. S., Teixeira V. C., Rezende M. V. D. S, Effect of the PVA (polyvinyl alcohol) concentration on the optical properties of Eu-doped YAG phosphors. *Optical Materials*, **60**, 495 (2016).
17. Su X., Zhou J., Bai G., Zhang J., Zhao P., Low temperature synthesis and characterization of YAG nanopowders by polyacrylamide gel method. *Ceramics International*, **42(15)**, 17497 (2016).
18. Nesterov Yu. V., *Ionites and ion exchange. Sorption technology for the extraction of uranium and other metals by underground leaching*, 480 p. (Unicorn-izdat, 2007). (in Russ.).
19. Batsanov S. S. *Structural chemistry. Facts and dependencies*, 292 p. (Dialogue-MSU, 2000). (in Russ.).
20. Petříček V., Dušek M., Palatinus L., Crystallographic computing system JANA2006: general features. *Zeitschrift für Kristallographie-Crystalline Materials*, **229(5)**, 345 (2014).
21. Shergin A. V. Synthesis of yttrium aluminum garnet on an ion exchange matrix. *Chemistry: Materials of the 60th International. scientific stud. conf. April 10–20, 2022*, 218 (2022). (in Russ.).
22. Fabrichnaya O., Seifert H. J., Ludwig T., Aldinger F., Navrotsky A., The assessment of thermodynamic parameters in the Al₂O₃–Y₂O₃ system and phase relations in the Y–Al–O system. *Scandinavian journal of metallurgy*, **30(3)**, 175 (2001).

УДК 547.918:543.42:615.074

DOI 10.29039/2413-1725-2024-10-1-316-322

АНАЛИЗ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА БРОНХОФИТОЛ ПЛЮЩ

Яковишин Л. А.¹, Гришкова В. И.²

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь, Россия

²Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь,

Республика Крым, Россия

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Из сиропа Бронхофитол плющ выделены тритерпеновые гликозиды, среди которых методом ТСХ идентифицированы 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозид и 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозидовый эфир хедерагенина, а также 3-*O*-сульфат и 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозид олеаноловой кислоты. Среди гликозидов доминируют гликозиды хедерагенина. Установлена схожесть ИК-спектров сиропов Бронхофитол плющ, Проспан и Плющ при кашле Эвалар.

Ключевые слова: тритерпеновые сапонины, плющ обыкновенный, Бронхофитол[®] плющ, α -хедерин, β -хедерин, хедерасопонин С, ТСХ, ИК-Фурье-спектроскопия.

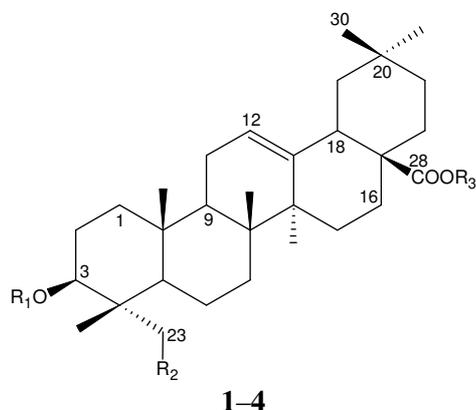
ВВЕДЕНИЕ

Лекарственные средства, содержащие экстракты листьев плюща обыкновенного (вьющегося) *Hedera helix* L. (семейство Araliaceae Juss.), обладают отхаркивающим, муколитическим и бронхоспазмолитическим действием [1–4]. Это является причиной их широкого применения при острых и хронических заболеваниях дыхательных путей, сопровождающихся вязкой и трудноотделяемой мокротой [2–4]. Известно, что листья плюща обыкновенного содержат различные тритерпеновые гликозиды [1, 5]. Среди них преобладает сапонин 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозид хедерагенина (хедерасопонин С, гедерасопонин С, хедеракозид С, гедеракозид С; рис. 1).

Недавно на российском фармацевтическом рынке появилось лекарственное средство Бронхофитол[®] плющ сироп [6, 7]. Активным компонентом препарата является сухой экстракт листьев плюща обыкновенного. Для получения субстанции экстрагирование из листьев плюща проводится смесью 30 % этанола (по массе). В качестве вспомогательных веществ препарат содержит сорбитол жидкий (некристаллизующийся), ксантановую камедь, сорбат калия, лимонную кислоту безводную и воду очищенную [7]. Препарат обладает отхаркивающим действием и применяется при кашле, сопровождающемся трудноотделяемой мокротой [6, 7].

АНАЛИЗ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА БРОНХОФИТОЛ ПЛЮЩ

Данная статья посвящена анализу препарата методами ТСХ и ИК-спектроскопии и его сравнению с другими лекарственными средствами на основе листьев плюща обыкновенного.



Соединение	R ₁	R ₂	R ₃
1	$\text{O}_3\text{S}\rightarrow$	H	H
2	Rhap α -(1 \rightarrow 2)-Arap α \rightarrow	H	H
3	Rhap α -(1 \rightarrow 2)-Arap α \rightarrow	OH	H
4	Rhap α -(1 \rightarrow 2)-Arap α \rightarrow	OH	$\leftarrow\beta\text{Glc}p-(6\leftarrow 1)-\beta\text{Glc}p-(4\leftarrow 1)-\alpha\text{Rhap}$

Рис. 1. Строение тритерпеновых гликозидов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использовали образец лекарственного препарата Бронхофитол[®] плющ сироп, флакон 100 мл (производитель АО «Фитофарм Кленка», Польша; регистрационный номер № ЛП-007123).

Извлечение и ТСХ-анализ тритерпеновых гликозидов. К 1 мл лекарственного препарата добавляли 1 мл *n*-бутанола, предварительно насыщенного водой. Смесь перемешивали в течение 20 мин и оставляли для расслоения жидкостей. Экстракцию проводили при 50 °С. Верхний (водно-бутанольный) слой отделяли и анализировали на наличие тритерпеновых гликозидов методом восходящей ТСХ.

ТСХ проводили на высокоэффективных пластинках «Sorbfil» марки ПТСХ-П-В-УФ-254 с размером частиц силикагеля 8–12 мкм (тип сорбента СТХ-1ВЭ) («Сорбполимер», Россия). Длина пластинок 10 см. На пластинки наносили по 0,02 мл экстракта. Экстракты и образцы гликозидов известного строения наносили на одну и ту же пластинку для ТСХ. Для элюирования использовали систему растворителей CHCl₃–CH₃OH–25 % водный NH₃ (100:40:4 по объему). Элюирование двукратное. Величина *R_f* соединения **1** составляет 0,70, гликозида **2** – 0,66,

гликозида **3** – 0,61, а гликозида **4** – 0,07 (для трех параллельных экспериментов; погрешность определения $R_f \pm 0,01-0,03$).

Сапонины в экстракте идентифицировали с заведомыми образцами тритерпеновых гликозидов известного строения [8–10]. Детектирование сапонинов на пластиках осуществляли 0,2 % раствором *para*-оксибензальдегида в 1 М растворе серной кислоты [11]. Пластины после обработки реагентом нагревали до 100 °С при помощи устройства для сушки пластин УСП-1М («Имид», Россия).

ИК-Фурье-спектроскопия. Лекарственный препарат для съемки ИК-спектров использовали без предварительной подготовки. Спектры получены на ИК-Фурье-спектрометре ФТ-801 («СИМЕКС», Россия). Съемку спектров осуществляли в специальной жидкостной приставке (регулируемом жидкостном конденсоре) («СИМЕКС», Россия). Спектры получены в области 4000–550 см⁻¹ (спектральное разрешение 4 см⁻¹; 50 сканов). Для работы со спектрометром использовали программу ZaIR 3.5 («СИМЕКС», Россия).

ИК-спектр препарата Бронхофитол® плющ сироп (ν , см⁻¹): 3410 (ОН), 2944 (СН), 2898 (СН), 2830 (СН), 1648 (Н–О–Н, С=О, С=C), 1517 (СОО⁻), 1420 (СН, СОО⁻), 1213 (СН), 1130 (С–О–С, С–ОН), 1083 (С–О–С, С–ОН), 1032 (С–О–С, С–ОН), 915 (моносахаридное кольцо), 692 (Н–О–Н, ОН).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Хроматографический анализ. Сумму тритерпеновых сапонинов из лекарственного препарата извлекали *n*-бутанолом, насыщенным водой. Сапонины в полученном экстракте анализировали восходящей ТСХ.

Соединения **1** и **2** были идентифицированы по своей хроматографической подвижности и розовому цвету зон с образцами 3-*O*-сульфата и 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозиды олеаноловой кислоты (β -хедерина, β -гедерина) соответственно (рис. 1). Ярко-розовые зоны сульфата олеаноловой кислоты на хроматограммах проявлялись в первую очередь.

Тритерпеновые гликозиды **3** и **4** на хроматограммах дают сине-фиолетовые зоны. Сапонин **3** идентичен по своей хроматографической подвижности 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозиду хедерагенина (α -хедерину, α -гедерину), а **4** – 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1→4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1→6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозиду хедерагенина (хедерасапонины С). Гликозиды **3** и **4**, агликоном которых выступает хедерагенин, преобладают. При этом основным тритерпеновым сапонином препарата является гликозид **4**. Этот же тритерпеновый гликозид доминирует в ряде других лекарственных средств и биологически активных добавках на основе плюща обыкновенного [12–14].

ИК-спектроскопический анализ препарата. В ИК-спектре препарата (рис. 2, спектр 1) наиболее интенсивная полоса поглощения найдена при 3410 см⁻¹. Она отвечает валентным колебаниям О–Н-связей органических компонентов препарата и воды.

АНАЛИЗ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА БРОНХОФИТОЛ ПЛЮЩ

Полосы поглощения связей С–Н найдены при 2944, 2898 и 2830 см^{-1} (валентные колебания). Полосы поглощения деформационных колебаний этих связей наблюдаются при 1420 и 1213 см^{-1} .

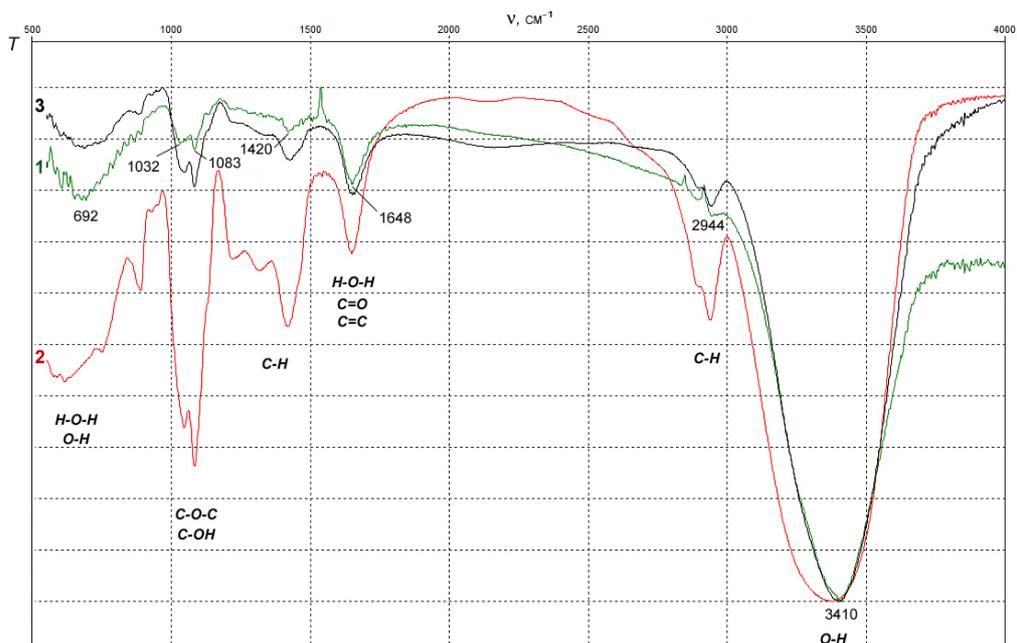


Рис. 2. ИК-спектры сиропов Бронхофитол плющ (спектр 1), Проспан (спектр 2) и Плющ при кашле Эвалар (спектр 3).

Полоса поглощения при 1648 см^{-1} в ИК-спектре сиропа Бронхофитол отнесена к деформационным колебаниям молекул воды и валентным колебаниям связей С=О и С=C. Поглощение неплоских деформационных колебаний ассоциированных связей О–Н органических компонентов препарата и вращательных колебаний молекул воды наблюдается в спектре в виде широкой полосы при 692 см^{-1} . Асимметричные и симметричные валентные колебания карбоксилат-аниона сорбата калия, входящего в состав препарата, имеют полосы поглощения при 1517 см^{-1} и 1420 см^{-1} соответственно.

Частоты полос поглощения валентных колебаний связей С–О в группах С–ОН и С–О–С равны 1130, 1083 и 1032 см^{-1} . Среди данных полос поглощения наибольшую интенсивность имеет полоса при 1083 см^{-1} , что также было обнаружено в ИК-спектре лекарственного средства на основе листьев плюща Проспан сироп (рис. 2, спектр 2), полученного в тех же условиях съемки [12, 13]. Для производства этого препарата в качестве экстрагента сапонинов плюща также используется 30 % раствор этанола [12]. Сиропа Бронхофитол и Проспан имеют близкий качественный состав [7, 12]. Кроме того, в ИК-спектре отечественной

биологически активной добавки к пище сиропе Плющ при кашле Эвалар полоса поглощения 1082 см^{-1} тоже отличается большей интенсивностью (рис. 2, спектр 3) [14]. Таким образом, сиропы Бронхофитол плющ, Проспан и Плющ при кашле Эвалар имеют схожие ИК-спектры.

Работа выполнена на оборудовании Севастопольского государственного университета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из лекарственного препарата Бронхофитол плющ сироп выделена сумма тритерпеновых сапонинов. Методом ТСХ-анализа идентифицированы его основные тритерпеновые сапонины, среди которых наибольшее содержание установлено для 3-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-*O*- α -*L*-арабинопиранозил-28-*O*- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-*O*- β -*D*-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-*O*- β -*D*-глюкопиранозилового эфира хедерагенина (хедерасапонины С).
2. Показано, что основные полосы поглощения в ИК-спектрах сиропов Бронхофитол плющ, Проспан и Плющ при кашле Эвалар идентичны.

Список литературы

1. Hostettmann K. Saponins / K. Hostettmann, A. Marston. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 548 p.
2. Efficacy of dry extract of ivy leaves in the treatment of productive cough / Schönknecht K., Fal A.M., Mastalerz-Migas A. [et al.] // Wiad. Lek. – 2017. – Vol. 70, № 6 pt 1. – P. 1026–1033.
3. Орлова Н. В. Место фитотерапии в лечении острых инфекций верхних дыхательных путей / Н. В. Орлова // Медицинский совет. – 2022. – Т. 16, № 20. – С. 65–71.
4. Прожерина Ю. Место современных фитопрепаратов в терапии кашля / Ю. Прожерина // Ремедиум. – 2018. – № 10. – С. 17–19.
5. Triterpenoid saponins from the leaves of *Hedera helix* / R. Elias, A.M. Diaz Lanza, E. Vidal-Ollivier [et al.] // J. Nat. Prod. – 1991. – Vol. 54, № 1. – P. 98–103.
6. Бронхофитол® плющ [Электронный ресурс]. URL: <https://bronhofitol.ru> (дата обращения: 15.02.2024).
7. Инструкция по медицинскому применению лекарственного препарата Бронхофитол® плющ сироп [Электронный ресурс]. URL: <https://bronhofitol.ru/media/docs/instruction.pdf> (дата обращения: 15.02.2024).
8. Тритерпеновые гликозиды *Hedera helix* I. Строение гликозидов L-1, L-2a, L-2b, L-3, L-4a, L-4b, L-6a, L-6b, L-6c, L-7a и L-7b из листьев плюща обыкновенного / В. И. Гришковец, А. Е. Кондратенко, Н. В. Толкачева [и др.] // Химия природ. соедин. – 1994. – № 6. – С. 742–746.
9. Тритерпеновые гликозиды *Hedera helix* III. Строение тритерпеновых сульфатов и их гликозидов / В. И. Гришковец, А. Е. Кондратенко, А. С. Шашков, В. Я. Чирва // Химия природ. соедин. – 1999. – № 1. – С. 87–90.
10. Тритерпеновые гликозиды *Hedera canariensis* I. Строение гликозидов L-A, L-B₁, L-B₂, L-C, L-D, L-E₁, L-G₁, L-G₂, L-G₃, L-G₄, L-H₁, L-H₂ и L-I₁ из листьев *Hedera canariensis* / В. И. Гришковец, Д. Ю. Сидоров, Л. А. Яковишин [и др.] // Химия природ. соедин. – 1996. – № 3. – С. 377–383.
11. Яковишин Л. А. Детектирующие реагенты для ТСХ тритерпеновых гликозидов / Л. А. Яковишин // Химия природ. соедин. – 2003. – № 5. – С. 419–420.
12. Инструкция по применению препарата Проспан® [Электронный ресурс]. URL: https://proprospan.ru/assets/content/images/syrop_instrukciya.pdf (дата обращения: 27.02.2024).

13. Лекарственные препараты на основе плюща: ИК-Фурье-спектроскопический анализ / Л. А. Яковичин, П. И. Бажан, В. Д. Ратников, В. И. Гришконец // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 3. – С. 259–267.
14. Тритерпеновые сапонины биологически активной добавки к пище на основе плюща / Яковичин Л. А., Бажан П. И., Ратников В. Д., Гришконец В. И. // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 4. – С. 296–304.

ANALYSIS OF THE MEDICINAL PREPARATION BRONCHOPHYTOL IVY

Yakovishin L. A.¹, Grishkovets V. I.²

¹*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

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

E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Drugs containing extracts of leaves of the common ivy *Hedera helix* L. (Araliaceae Juss.) have expectorant, mucolytic and bronchospasmolytic effects. This is the reason for their widespread use in acute and chronic diseases of the respiratory tract, accompanied by viscous and difficult to separate sputum. Common ivy leaves contain various triterpene glycosides.

The active component of the drug Bronchophytol® ivy syrup (manufactured by Fitofarm Klenka JSC, Poland) is dry extract of ivy leaves. The following excipients are used: liquid sorbitol (non-crystallizing), xanthan gum, potassium sorbate, anhydrous citric acid and purified water. The drug has an expectorant effect and is used for coughs accompanied by difficult to separate sputum.

Triterpene saponins extracted from Bronchophytol ivy syrup by water-saturated *n*-butanol. The obtained extract was analyzed by TLC. The triterpene glycosides were identified using authentic specimens. The following glycosides of the drug were identified by TLC: 3-*O*-sulfate and 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-*O*- α -*L*-arabinopyranoside of oleanolic acid (β -hederin), and 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-*O*- α -*L*-arabinopyranoside (α -hederin) and 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1→2)-*O*- α -*L*-arabinopyranosyl-28-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-(1→4)-*O*- β -*D*-glucopyranosyl-(1→6)-*O*- β -*D*-glucopyranoside of hederagenin (hederasaponin C). Hederasaponin C is dominant triterpene glycoside.

Analysis of the drug Bronchophytol ivy by FT-IR spectroscopy method was carried out. It has been shown that the main absorption bands in the IR spectra of Bronchophytol ivy, Prospan and Ivy at cough Evalar syrups are identical.

Keywords: triterpene saponins, common ivy, Bronchofitol® ivy, α -hederin, β -hederin, hederasaponin C, TLC, FT-IR spectroscopy.

References

1. Hostettmann K., Marston A., *Saponins*, 548 p. (Cambridge University Press, Cambridge, 1995).
2. Schönknecht K., Fal A.M., Mastalerz-Migas A., Joachimiak M., Doniec Z., Efficacy of dry extract of ivy leaves in the treatment of productive cough, *Wiad. Lek.*, **70** (6 pt 1), 1026 (2017).
3. Orlova N. V., The place of phytotherapy in the treatment of acute upper respiratory tract infections, *Meditsinskiy Sovet*, **16** (20), 65 (2022). (*In Russ.*).
4. Prozherina J., The role of modern herbal remedies in the management of cough, *Remedium*, 10, 17 (2018). (*In Russ.*).
5. Elias R., Diaz Lanza A. M., Vidal-Ollivier E., Balansard G., Faure R., Babadjamian A., Triterpenoid saponins from the leaves of *Hedera helix*, *J. Nat. Prod.*, **54** (1), 98 (1991).
6. *Bronchofitol*[®] ivy, <https://bronchofitol.ru> (Accessed February 15, 2024). (*In Russ.*).
7. *Instructions for the medical use of the medicinal preparation Bronchofitol*[®] ivy syrup, <https://bronchofitol.ru/media/docs/instruction.pdf> (Accessed February 15, 2024). (*In Russ.*).
8. Grishkovets V. I., Kondratenko A. E., Tolkacheva N. V., Shashkov A. S., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera helix* I. The structures of glycosides L-1, L-2a, L-2b, L-3, L-4a, L-4b, L-6a, L-6b, L-6c, L-7a, and L-7b from the leaves of common ivy, *Khim. Prirod. Soedin.*, **6**, 742 (1994). (*In Russ.*).
9. Grishkovets V. I., Kondratenko A. E., Shashkov A. S., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera helix* III. Structure of the triterpene sulfates and their glycosides, *Khim. Prirod. Soedin.*, **1**, 87 (1999). (*In Russ.*).
10. Grishkovets V. I., Sidorov D. Yu., Yakovishin L. A., Arnautov N. N., Shashkov A. S., Chirva V. Ya., Triterpene glycosides of *Hedera canariensis* I. Structures of glycosides L-A, L-B₁, L-B₂, L-C, L-D, L-E₁, L-G₁, L-G₂, L-G₃, L-G₄, L-H₁, L-H₂, and L-I₁ from the leaves of *Hedera canariensis*, *Khim. Prirod. Soedin.*, **3**, 377 (1996). (*In Russ.*).
11. Yakovishin L. A., Developers for TLC of triterpene glycosides, *Khim. Prirod. Soedin.*, **5**, 419 (2003). (*In Russ.*).
12. *Instructions for the use of the drug Prospan*[®], https://proprospan.ru/assets/content/images/syrop_instrukciya.pdf (Accessed February 27, 2024). (*In Russ.*).
13. Yakovishin L. A., Bazhan P. I., Ratnikov V. D., Grishkovets V. I., Ivy-containing drugs: FT-IR spectroscopy analysis, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5** (3), 259 (2019). (*In Russ.*).
14. Yakovishin L. A., Bazhan P. I., Ratnikov V. D., Grishkovets V. I., Triterpene saponins of biologically active food additive based on ivy, *Scientific Notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry*, **5** (4), 296 (2019). (*In Russ.*).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Александрова
Асель Биляловна** Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии, e-mail: adabl@mail.ru
- Айзман
Роман Иделевич** Новосибирский государственный педагогический университет, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой; Новосибирский НИИ гигиены Роспотребнадзора, главный научный сотрудник, e-mail: aizman.roman@yandex.ru
- Алексашкин
Игорь Владимирович** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», кандидат химических наук, доцент, заместитель директора по молодежной политике и воспитательной работе; Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН, старший научный сотрудник,
- Андреев
Борис Германович** Институт экологии человека Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, старший инженер-биолог лаборатории гербарий, аспирант
- Андреев
Татьяна Ивановна** Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, кандидат биологических наук, доцент, заместитель директора по научной работе
- Артеменко
Мария Олеговна** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», выпускник бакалавр кафедры экологии и зоологии, e-mail: artyomenko.ma@yandex.ru
- Балакирева
Галина Александровна** Донецкий государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных, e-mail: g.a.balakireva@mail.ru
- Балакирева
Елизавета
Анатольевна** Донецкий государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных, e-mail: e.a.balakireva@mail.ru
- Балуда
Юрий Игоревич** ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН, младший научный сотрудник лаборатории перспективных электродных материалов для химических источников тока

Белая Елена Александровна	ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой Химии твердого тела и нанопроцессов
Бушов Юрий Валентинович	Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Национального Исследовательского Томского государственного университета, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры физиологии человека и животных, e-mail: bushov1945@mail.ru
Головин Михаил Сергеевич	Новосибирский государственный педагогический университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности
Гордеева Карина Андреевна	Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, научный сотрудник лаборатории экологии почв, e-mail: Karina_869@mail.ru
Гостева Оксана Владимировна	ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, ассистент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, e-mail: astellas07@rambler.ru
Гришковец Владимир Иванович	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», доктор химических наук, профессор кафедры общей химии
Гусев Алексей Николаевич	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», доктор химических наук, зав. кафедрой общей и физической химии
Жеребцов Дмитрий Анатольевич	ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет», доктор химических наук, старший научный сотрудник кафедры материаловедения и физико-химии материалов, инженер НОЦ «Нанотехнологии»
Жмурова Татьяна Анатольевна	Институт фундаментальной медицины и здоровьесбережения, Севастопольский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры "Физвоспитание и спорт"
Дубас Виктория Викторовна	Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, аспирант, младший научный сотрудник; Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН; Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского»

- Ермолаева
Ольга Юрьевна** Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, e-mail: oyermolaeva@sfedu.ru
- Заячникова
Татьяна Валентиновна** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Институт биохимических технологий, экологии и фармации, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Ибрагимова
Эвелина Энверовна** ГБОУВО РК «Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова», кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности
- Калягина
Виктория Олеговна** Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН, Феодосия, Российская Федерация, Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», обучающаяся, инженер-исследователь
- Карташов
Сергей Иванович** НИЦ «Курчатовский институт», научный сотрудник, e-mail: sikartashov@gmail.com
- Каштанова
Ольга Александровна** ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, e-mail: kashtanova@inbox.ru
- Кобчинская
Валентина
Григорьевна** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: valekohome@mail.ru
- Кругликова
Екатерина Васильевна** Горно-Алтайский государственный университет, аспирант, e-mail: ekaterinavasilevna@yandex.ru
- Крюкова
Мария Александровна** Ресурсный центр «Рентгенодифракционные методы исследований», Санкт-Петербургский государственный университет, инженер-исследователь
- Кулагина
Валентина Ивановна** Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии почв, e-mail: viksoil@mail.ru
- Кучерик
Галина Валентиновна** Севастопольский государственный университет, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Радиоэкология и экологическая безопасность»

Макогон Александр Григорьевич	Челябинский государственный университет, ассистент кафедры химии твердого тела и нанопроцессов
Матецкая Анна Юрьевна	Южный федеральный университет, Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского, старший преподаватель кафедр ботаники, e-mail: manuta@list.ru
Мурталиева Вероника Хамидуллаевна	ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, ассистент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, e-mail: murtalieva90@mail.ru
Мушина Наталья Валентиновна	Борисоглебский филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» (БФ ФГБОУ ВО «ВГУ»), кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики начального образования
Омельчук Юлия Аркадьевна	Севастопольский государственный университет, Института ядерной энергии и промышленности, кандидат химических наук, доцент, директор
Орлов Вячеслав Андреевич	НИЦ «Курчатовский институт», канд. физико-математических наук, научный сотрудник, e-mail: ptica89@bk.ru
Патрацкая Татьяна Александровна	ООО "Мирафлорес косметика", директор по разработкам и инновациям
Патрацкий Дмитрий Александрович	ООО "Мирафлорес косметика", генеральный директор
Прима Ольга Сергеевна	Новосибирский государственный педагогический университет, аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности
Присянникова Ирина Борисовна	Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Рябцев Сергей Михайлович	Севастопольский государственный университет, Институт фундаментальной медицины и здоровьесбережения, доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры "Физвоспитание и спорт"

- Рязанов
Станислав Сергеевич** Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии почв, e-mail: RStanislav.soil@yandex.ru
- Светлик
Михаил Васильевич** Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Национального Исследовательского Томского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой физиологии человека и животных, e-mail: mihasv@mail.tsu.ru
- Сергалиева
Мариям Утежановна** ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, кандидат биологических наук, доцент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, e-mail: charlina_astr@mail.ru
- Соболев
Валерий Иванович** ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры здоровья и реабилитации, e-mail: v.sobolev@mail.ru
- Стрюков
Александр Алексеевич** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и зоологии, e-mail: zoostr@mail.ru
- Суботялов
Михаил Альбертович** Новосибирский государственный педагогический университет, доктор медицинских наук, профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности; Новосибирский государственный университет, доцент кафедры фундаментальной медицины
- Сунгатуллина
Люция Мансуровна** Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, старший научный сотрудник лаборатории экологии почв, e-mail: Sunlyc@yandex.ru
- Сытников
Денис Михайлович** Севастопольский государственный университет, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Радиоэкология и экологическая безопасность»
- Ушаков
Вадим Леонидович** Институт перспективных исследований мозга Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; НИЯУ МИФИ, старший научный сотрудник; ГБУЗ «Психиатрическая клиническая больница № 1 им. Н. А. Алексеева Департамента здравоохранения города Москвы», руководите
ль отдела, e-mail: tiuq@yandex.ru

- Хижняк
Юлия Сергеевна** Карадагская научная станция имени Т. И. Вяземского – природный заповедник РАН, заместитель директора по общим вопросам
- Цибизова
Александра
Александровна** ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, e-mail: sasha3633@yandex.ru
- Шагидуллин
Рифгат Роальдович** Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, член-корреспондент АН РТ, доктор химических наук, директор, e-mail: shagidullin@mail.ru
- Шергин
Александр
Владимирович** ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», аспирант 2 года обучения, ассистент кафедры Химии твердого тела и нанопроцессов, e-mail: sasha.shergin31867@gmail.com
- Шмараева
Антонина Николаевна** Ботанический сад Южного федерального университета, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: anshmaraeva@sfn.ru
- Шульгин
Виктор Федорович** Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», доктор химических наук, профессор кафедры общей и физической химии, e-mail: shulvic@gmail.com
- Яковишин
Леонид Александрович** ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», доктор химических наук, профессор кафедры «Химия и химические технологии», e-mail: chemsevtu@rambler.ru
- Ярош
Ольга Борисовна** Институт экономики и управления ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», доктор экономических наук, главный научный сотрудник Лаборатории нейромаркетинга и поведенческой экономики, профессор кафедры маркетинга, торгового и таможенного дела, e-mail: iarosh.olga.cfu@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Андреев Б. Г.**
ЧУЖЕРОДНЫЙ КОМПОНЕНТ ФЛОРЫ ГОРОДА КЕМЕРОВО.....3
- Балакирева Г. А., Балакирева Е. А.**
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ
РАССТРОЙСТВ У АЛКОГОЛИЗИРОВАННЫХ КРЫС ПРИ СТИМУЛЯЦИИ
ДОФАМИНЕРГИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ.....16
- Бушов Ю. В., Ушаков В. Л., Светлик М. В., Карташов С. И., Орлов В. А.**
АКТИВНОСТЬ МОЗГОВЫХ СТРУКТУР У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН ПРИ
НАБЛЮДЕНИИ И ОТМЕРИВАНИИ КОРОТКОГО ИНТЕРВАЛА ВРЕМЕНИ.....35
- Дубас В. В., Алексахин И. В., Калягина В. О., Андреев Т. И., Хижняк Ю. С.**
СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ «БЕЗЫМЯННОГО»
РУЧЬЯ, ПРЕДГОРНЫЙ КРЫМ.....45
- Ермолаева О. Ю., Матецкая А. Ю., Шмаряева А. Н.**
СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ *PULMONARIA MOLLIS* WULF. EX HORNEM. В
РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....59
- Жмурова Т. А., Рябцев С. М.**
ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО И ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ РЕКРЕАЦИОННЫМ
СКАЛОЛАЗАНИЕМ.....76
- Заячникова Т. В.**
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА ТЕЛА У ЛИЦ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА С
РАЗНЫМИ ТИПАМИ ПИЩЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ87
- Ибрагимова Э. Э.**
КАПИЛЛЯРОСКОПИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИНДЕКСА СТРЕССА У
ОБУЧАЮЩИХСЯ.....102
- Кобечинская В. Г., Стрюков А. А., Артёмов М. О.**
САНИТАРНО-БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОМЫСЛОВЫХ МОРСКИХ
РЫБ И МОРСКОЙ СРЕДЫ ВБЛИЗИ ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА И ПРЕСНОВОДНЫХ
РЫБ В РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ ПОЛУОСТРОВА.....113
- Кругликова Е. В., Айзман Р. И.**
ОСОБЕННОСТИ РАЦИОНА ПИТАНИЯ, ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И
БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРОВИ СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
ПОЛА И НАЦИОНАЛЬНОСТИ.....131
- Кулагина В. И., Александрова А. Б., Рязанов С. С., Шагидуллин Р. Р.,
Сунгатуллина Л. М., Гордеева К. А.**
ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА, СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА И АЗОТА В ПОЧВАХ
САРАЛИНСКОГО И РАИФСКОГО УЧАСТКОВ ВОЛЖСКО-КАМСКОГО
ЗАПОВЕДНИКА145

Мурталиева В. Х., Каштанова О. А., Гостева О. В., Сергалиева М. У. ФИТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИСТЬЕВ <i>POA PRATENSIS</i> L.	159
Мухина Н. В. АНАТОМО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ОБРАЗ ЖИЗНИ СТУДЕНТОВ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	167
Патрацкая Т. А., Патрацкий Д. А., Суботялов М. А. КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ КИПРЕЯ УЗКОЛИСТНОГО (<i>EPILOBIMUM ANGUSTIFOLIUM</i>) В КАЧЕСТВЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ НАРУЖНОГО ПРИМЕНЕНИЯ	176
Петрушкина Н. П., Звягина Е. В., Миловидов В. К. ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОК-ПЕРВОКУРСНИЦ ПРИ ЗАНЯТИЯХ АКВААЭРОБИКОЙ	188
Прима О. С., Головин М. С., Суботялов М. А. ПОКАЗАТЕЛИ СИЛЫ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ У ХОККЕИСТОВ-ПОДРОСТКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИГРОВОГО АМПЛУА	198
Просьянникова И. Б. ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ <i>CAREX CARYOPHYLLEA</i> LATOURR. (CYPERACEAE) ПРИ ПОРАЖЕНИИ ГОЛОВНЕВЫМ ГРИБОМ <i>ANTHRACOIDEA CARYOPHYLLEAE</i> KUKKONEN В ГОРНОМ КРЫМУ	207
Рябцев С. М., Жмурова Т. А. ОЦЕНКА ОБЩЕЙ РАБОТОСПОСБНОСТИ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА РЕГБИСТОВ В ПОСТСОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ	223
Сергалиева М. У., Мурталиева В. Х., Каштанова О. А., Гостева О. В. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВИДОВ РОДА <i>PARMELIA</i>	235
Соболев В. И. ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ «GO / NO-GO»- ТИПА В ПАРАДИГМЕ ОБРАТНОЙ СВЕТОВОЙ МАСКИРОВКИ	244
Цибизова А. А., Мурталиева В. Х., Сергалиева М. У. ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ И АНТИРАДИКАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ <i>LIMONIUM GMELINII</i> (WILLD.) KUNTZE	253
Ярош О. Б. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЖНО-ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ В НЕЙРОМАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	262
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Балуда Ю. И., Гусев А. Н., Шульгин В. Ф., Крюкова М. А. КООРДИНАЦИОННОЕ СОЕДИНЕНИЕ НИКЕЛЯ(II) С АЗОМЕТИНОВЫМ ПРОИЗВОДНЫМ 3-МЕТИЛ-1-ФЕНИЛ-4-ФОРМИЛПИРАЗОЛ-5-ОНА И 2-ФТОРАНИЛИНА	276

Кучерик Г. В., Сытников Д. М., Омельчук Ю. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИИ ОКСИДА КАЛЬЦИЯ И ТЕТРАГИДРОКСОАЛЮМИНАТА НАТРИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ УМЯГЧЕНИЯ ВОД.....	285
Макогон А. Г., Белая Е. А. СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННОГО АЛЮМИНАТА МЕДИ СОСТАВА $CuAl_{1-x}Mg_xO_2$	299
Шергин А. В., Белая Е. А., Жеребцов Д. А. СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ АЛЮМОИТТРИЕВОГО ГРАНАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИОНООБМЕННОЙ СМОЛЫ	307
Яковшин Л. А., Гришковец В. И. АНАЛИЗ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА БРОНХОФИТОЛ ПЛЮЩ	316
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	323
СОДЕРЖАНИЕ	329